ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

L'Académie a été frappée douloureusement la semaine dernière. Notre illustre confrère, le Docteur Guyon s'est éteint doucement, comme une lampe qui a épuisé sa dernière réserve. Il ne s'était jamais bien remis d'une chute grave qu'il avait faite il y a huit ans : sa constitution très robuste lui a permis de se maintenir encore quelque temps; il est mort dans son domicile à Paris, âgé de 88 ans.

Le Dr Guyon a été un des maîtres les plus éminents de la Chirurgie contemporaine; il a été un grand chef d'école. Professeur à l'École de Médecine, chirurgien de l'hôpital Necker, il a su grouper autour de lui de nombreux élèves; même il a organisé à Necker, à côté de son service d'hôpital, un vrai centre scientifique, pourvu à ses frais de laboratoires, d'une bibliothèque et d'un grand musée d'anatomie pathologique. Ce centre est devenu rapidement célèbre dans le monde entier.

Ses travaux originaux et ses découvertes sont multiples; ils se rapportent à l'anatomie, à la Physiologie normale et pathologique, à l'asepsie et à l'antisepsie, aux questions les plus variées de la Chirurgie des divers organes, et tout spécialement de l'appareil urinaire.

Il a découvert que, dans l'effort prolongé, la circulation carotidienne est arrêtée.

Il a signalé des faits aussi nouveaux qu'intéressants, relatifs à l'urèthre,

à la vessie et au rein avec leurs applications à la pathologie et à la thérapeutique.

Il a fait une étude complète du mécanisme de la mort dans les affections urinaires; il a reconnu avec soin les effets de la rétention et en particulier une réceptivité plus grande à l'invasion microbienne.

Il a poursuivi de nombreuses expériences sur le rein, sur sa sensibilité spéciale et les effets consécutifs à sa tension.

Ses recherches sur l'asepsie et l'antisepsie sont aussi de première importance. Partisan convaincu des idées de Lister et de Pasteur, il a étudié avec persévérance le rôle des microbes dans l'infection de l'appareil urinaire; il a proclamé la nécessité impérieuse de l'asepsie et l'importance de l'antisepsie dans les maladies de cet appareil.

On peut dire que la pathologie de l'infection urinaire était inconnue avant ses travaux et ceux de ses élèves; il a posé des règles sûres pour le diagnostic de ce qu'il a appelé la cachexie urinaire.

Sa contribution aux autres branches de la pathologie externe est aussi très notable; on lui doit un grand volume sur les opérations chirurgicales considérées dans leur ensemble.

Le professeur Guyon a pu ainsi, appuyé sur ses belles recherches scientifiques et cliniques, se spécialiser dans l'Urologie chirurgicale et acquérir dans ce domaine, à la fois comme savant et comme praticien, une situation exceptionnelle. Il a élevé très haut cette branche de la pratique médicale et lui a donné le rang qu'elle mérite. Le professeur Verneuil, lui aussi membre de notre Académie, a pu écrire à ce sujet : « L'école française d'Urologie est actuellement une des gloires les plus incontestables et les moins contestées de notre pays. »

Les progrès que la Pathologie et la Thérapeutique urinaires doivent à M. Guyon et à ses élèves sont, en effet, considérables, et, en 1892, lorsqu'il a été nommé membre de cette Académie, aucune branche de la chirurgie n'en avait fait autant. Ces progrès sont exposés dans trois grands Ouvrages et dans un nombre considérable de Mémoires et de Thèses.

Un des plus notables est l'innocuité actuelle de la lithotritie, autre fois si redoutable. Le Dr Guyon a perfectionné l'appareil instrumental, simplifié les manœuvres et réglé dans ses moindres détails l'application minutieuse de l'antisepsie. La guérison du calculeux est maintenant la règle.

Le Dr Guyon a prolongé ainsi la vie d'un grand nombre de ses contemporains, et il doit être classé parmi les bienfaiteurs de l'humanité souffrante.

Il était une des figures les plus belles et les plus nobles de notre Compagnie ; il avait naturellement une dignité, une distinction et un calme remarquables, qui donnaient un grand poids à ses paroles et à son opinion. Ces qualités précieuses ont été bien mises en relief pendant sa présidence en 1911 ; dans ces fonctions délicates, il a montré un tact, une bonne grâce, une maîtrise que nous avons tous admiré.

Toujours simple, il a exprimé le désir de n'avoir à ses obsèques ni discours, ni délégation. L'Académie proclame hautement sa valeur et s'associe pleinement au deuil de ses enfants et petits-enfants.

M. A. Lacroix fait hommage à l'Académie d'une reproduction en héliogravure d'un portrait de René-Just Haüy dont l'original est conservé dans son laboratoire du Muséum d'Histoire naturelle.

HYDRAULIQUE. — *Un moyen économique d'utiliser la force des marées.* Note de M. G. Bigourdan.

Les marées sont une des sources les plus puissantes d'énergie facilement utilisable ; et cette source, donnant ce qu'on appelle la *houille verte*, a l'avantage d'être intarissable, tandis qu'on doit envisager le moment où d'autres seront épuisées : tel est le cas du charbon de terre et surtout du pétrole.

La France, où charbon et pétrole sont insuffisants, est au contraire un des pays les plus favorisés tant au point de vue de l'importance des marées que de l'étendue des côtes où ce phénomène a une grande amplitude.

On peut donc voir là, pour l'avenir de notre pays, un facteur capital, d'ailleurs très bien placé, puisqu'il a son siège principalement sur nos côtes du Nord-Ouest, à l'opposé des sources de houille blanche des Alpes et des Pyrénées.

Enfin, plus que jamais, il importe d'utiliser toutes nos forces naturelles.

Aussi je crois devoir rappeler le principe d'un moyen que j'ai proposé en 1910 et décrit alors avec quelque détail pour utiliser cette force des marées.

D'ailleurs les prix actuels du charbon multiplient en quelque sorte sa valeur pratique.

Imaginons une cloche fixe ayant son ouverture en bas, et placée de manière à être remplie graduellement par l'eau de la mer montante : l'air

emprisonné dans la cloche va être comprimé, d'où résultera une force utilisable soit directement, soit pour élever d'autre eau, et créer une chute.

Ensuite, quand la mer descendra, il y aura une aspiration d'air, ce qui pourra être utilisé encore pour élever de l'eau. Ainsi la cloche serait l'organe fondamental d'une sorte de pompe dont le piston, actionné par le Soleil et la Lune, ferait chaque jour un peu plus de deux mouvements de va-et-vient.

Ce moyen indirect permettrait de transporter et d'utiliser la force des marées à une certaine distance, soit en plan horizontal, soit en hauteur; aussi présente-t-il, sur les moyens directs et intermittents habituels, ce triple avantage :

1° Il réduit au minimum les parties exposées à l'action destructrice de la mer;

2° Il permet l'utilisation de réservoirs naturels, lacs ou étangs, situés à des niveaux variés, et qui ne nécessiteraient que de minimes frais d'aménagement et d'entretien;

3° Il évite ainsi le grand inconvénient de l'intermittence et de l'inégalité périodique des marées.

D'ailleurs toutes ses parties sont fixes, et la manœuvre se réduit à celle de robinets ou de vannes équivalentes; il semble qu'une seule personne suffirait pour son exploitation régulière, même sur une assez grande échelle.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires*. Note [1] de M. **Ch. Depéret**.

J'ai décrit [2] les caractères de l'étage *Sicilien* (*Cromérien*) du bassin de la mer du Nord et de la Baltique, avec sa phase régressive du début (*Forest-bed*) et sa phase transgressive terminale (argiles d'eau profonde à *Yoldia myalis* et *arctica*). Avant de coordonner les autres étages quaternaires du Nord avec ceux de la Méditerranée, il est nécessaire d'analyser la série complexe des événements géologiques dont ces contrées ont été le théâtre. Je commencerai par les Iles Britanniques.

1. Après le dépôt des couches à *Yoldia myalis*, intervient une notable

---

(1) Séance du 28 juin 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 159.

régression marine : les lignes de rivage s'abaissent presque jusqu'au niveau actuel. C'est ainsi que sur la côte sud du cap Flamborough, près Sewerby (Yorkshire), Lamplugh a décrit ([1]), cachée sous le Glaciaire inférieur, une ancienne falaise crayeuse, au pied de laquelle se montre, *très peu au-dessus de la mer*, une plage de galets, en partie *exotiques*, avec coquilles marines actuelles. D'autres plages de galets sur plates-formes littorales, analogues à celle de Sewerby, d'âge également *préglaciaire*, et comme elle de très faible altitude (3^m-8^m) ont été relevées sur de nombreux points des côtes britanniques : à la péninsule de Gower (sud du Pays de Galles), par Tiddeman ([2]) et Strahan ([3]); à l'île de Man, par Lamplugh; en Irlande, sur les côtes de Meath, Dublin, Clare, Galway, et d'une façon magnifique à la baie de Courtmacsherry et à Klonakilty (Cork), par Whright et Muff ([4]). On ne saurait douter de l'existence d'une ligne de rivage très basse ayant précédé le maximum d'extension glaciaire des Iles Britanniques. La faune marine de ces plages ne diffère pas de la faune britannique actuelle.

2. Cette régression préglaciaire s'accentue ensuite : à Sewerby, au-dessus de la plage marine, sont des dépôts de ruissellement continentaux qui descendent *jusqu'au-dessous du rivage actuel;* on y a trouvé des Mammifères : *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, *Hippopotamus amphibius*, *Hyœna crocuta*, *Bison*, *Cervidés*, c'est-à-dire une faune chaude, peu différente de celle du Forest-bed. De même dans les grottes littorales de Gower (Bacon Hole, Minchin Hole), on observe au-dessus des dépôts marins de ces grottes, des dépôts bréchoïdes ossifères contenant les mêmes Mammifères ([5]) qu'à Sewerby; deux crânes de *Rhinoceros Mercki* ont été recueillis dans le sable marin de Minchin Hole. Il est évident que tous ces animaux n'auraient pu parvenir dans les grottes, si la mer ne s'était retirée, laissant à découvert une plaine littorale assez étendue.

---

(1) Lamplugh, *On the Drifts of Flamborough Head* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 47, 1891, p. 384).

(2) Tiddeman, *On the age of the raised beach of southern Britain as seen in Gower* (*Report british Assoc.*, Bradford, 1900; *Geol. Magazine*, t. 7, 1900).

(3) Strahan, *The country around Swansea*, 1907 (*Mem. geol. Survey*, *Wales south coal Field*, Part VIII).

(4) Whright et Muff, *The preglacial raised beach of the south coast of Ireland* (*Proc. Royal Dublin Soc.*, t. 10, 1904, p. 250). Voir aussi Whright, *The quaternary Ice Age*, 1914, p. 101, pl. XI et XII.

(5) Falconer, *Palæontological Memoirs and Notes*, t. 2, 1868, p. 498.

3. C'est alors seulement que commence le *Grand âge de la glace.* Un vaste *inlandsis* couvre les Iles Britanniques, sauf la région au sud de la Tamise et du canal de Bristol. Il dépose sur toute la contrée une couche de boue glaciaire à blocs et cailloux rayés, connue sous le nom général de *Boulder-clay inférieur*, et portant parfois des noms locaux (*Basement-clay* et *Purple-clay* de Cromer et d'Holderness, *Till inférieur* d'Écosse); c'est la moraine de fond du maximum glaciaire *Saxonien-Mindélien.* On observe dans ce *Boulder-clay*, *surtout au voisinage des côtes*, des coquilles marines d'espèces souvent arctiques, rarement entières, presque toujours fragmentées, et *parfois striées*, qui se présentent, de l'avis des géologues anglais modernes, comme des *éléments erratiques* arrachés du fond de la mer par la poussée de la glace, et entraînés sur la terre ferme à des altitudes variées. Nous ne connaissons jusqu'ici aucun dépôt marin contemporain de ce *Boulder-clay* inférieur.

4. Ensuite le climat s'adoucit et le grand glacier se retire. A cette *phase interglaciaire* appartiennent des sables et graviers, d'épaisseur variable, intercalés entre les deux *Boulder-clays* inférieur et supérieur. Nous touchons là l'un des points les plus discutés de l'histoire quaternaire des Iles Britanniques. Ces *graviers intermédiaires* contiennent en effet, plus encore que le *Boulder-clay*, des coquilles marines, les unes arctiques, les autres britanniques. Ces gisements coquilliers s'élèvent à de grandes altitudes : dans le Cheshire, à Macclesfield et Gloppa (380^m); en Irlande, au Three Rock Mountain (400^m), et atteignent au célèbre gisement de Moël Tryfaen, au pied du Snowdon, leur maximum d'altitude à 453^m. Les anciens géologues anglais avaient admis l'origine marine de ces graviers et n'avaient pas reculé devant l'hypothèse d'une submersion des Iles Britanniques jusqu'à une altitude de près de 500^m. Cependant Goodchild et Belt (dès 1874), puis Lewis, Kendall, Bell, Blake, Cl. Reid, Lamplugh, Cole, Wright, etc., ont démontré par des arguments solides (mélange de Mollusques pliocènes, faciès faunique non conforme au faciès lithologique), que ces coquilles des graviers élevés n'étaient que des *éléments remaniés* de la moraine sous-jacente par les cours d'eau interglaciaires. La légende de la grande submersion anglaise avait vécu.

Toutefois, grâce à la retraite du glacier, la mer peut atteindre à nouveau les côtes anglaises. Sur la côte d'Holderness, Prestwich dès 1861 ([1]), puis

---

([1]) Prestwich, *Quarterly Journal geol. Society*, t. 17, 1861, p. 446.

Cl. Reid (¹) ont décrit des graviers et des sables argileux marins compris entre les deux *Boulder-clays*, c'est-à-dire *interglaciaires*. Ces couches dessinent une *ligne de rivage des plus nettes* à l'altitude de 100 pieds (33^{m}), et pénètrent en nombreux fiords dans le massif crayeux des Woolds; cette ligne de rivage a été tracée par Cl. Reid (*loc. cit.*, carte, p. 65) sur près de 100^{km}, depuis le cap Flamborough jusque bien au sud de l'estuaire de l'Humber.

La faune (61 espèces) est celle des mers britanniques actuelles, mais avec quelques éléments de climat plus tempéré (*Cytherea chione*, *Venus gallina*). Il faut signaler spécialement une coquille d'eau douce de climat chaud, *Corbicula fluminalis*, abondante dans les deux gisements de Kelsey et de Croxton, qui sont sans doute au débouché d'anciens estuaires. Je rappelle que cette coquille se trouve aussi dans les dépôts de la ligne de rivage de 30^{m} du Sussex, avec une faune marine encore plus tempérée.

Au même horizon se rapporte, d'après Cl. Reid, le dépôt coquillier, en partie estuarien, qui se montre à 30^{m} d'altitude à la falaise de Speeton, au-dessous du *Boulder-clay supérieur*.

Plus au Sud, les gisements marins de Little Bytham et de March (Fennland) dessinent, dans l'estuaire de l'Ouse, un autre golfe de la même mer avec une faune identique, comprenant aussi *Corbicula fluminalis*.

Plus au Sud encore, près de Yarmouth (Norfolk), des sables et graviers marins, dits *middle sands*, compris entre les deux *Boulder-clays*, s'élèvent jusqu'à l'altitude maximum de 33^{m}. D'après Wood et Harmer (²), leur faune comprend 80 espèces, la plupart britanniques, mais quelques-unes méditerranéennes (*Turritella incrassata*, *Limopsis pygmæa*, *Cardita corbis*, *Cytherea rudis*), dénotant une mer plus tempérée que les mers anglaises actuelles.

Des dépôts *interglaciaires* de sables, de graviers et d'argiles à coquilles marines existent également en Écosse (Tangy-Glen, Kilmaurs, île d'Arran, Paisley) et en Irlande (Kilkenny, Wexford), mais les auteurs discutent encore s'il s'agit de dépôts marins ou seulement de coquilles remaniées de la boue glaciaire sous-jacente.

L'ensemble de ces dépôts interglaciaires marins à faune tempérée répond,

---

(¹) Cl. Reid, *Geology of Holderness* (*Mem. geol. Survey*, 1885).

(²) Wood et Harmer, *Premier Supplement to the Crag Mollusca*, Introduction; *Observation on the later tertiary Geology of East Anglia* (*Q. J. G. S.*, t. 33, 1877, p. 74).

à n'en pas douter, à l'étage *tyrrhénien* de la Méditerranée avec une ligne de rivage d'altitude identique (33^{m} au maximum).

5. Après cette phase tempérée, le climat redevient glaciaire, et un vaste inlandsis couvre à nouveau les Iles Britanniques. Cette glaciation *polonienne-rissienne* s'avance toutefois un peu moins vers le Sud que la glaciation précédente. En Irlande et dans le pays de Galles, l'avancée des deux glaciaires ne semble pas avoir été très différente ou du moins leurs limites n'ont pas été bien nettement tracées. Mais dans le centre et dans l'est de l'Angleterre, la limite du *Drift récent* décrit une ligne sinueuse qui reste à une grande distance au nord de la limite du *Drift ancien*. Le contraste topographique est saisissant entre les surfaces monotones, aplanies et coupées de profondes vallées des plaines de *Boulder-clay* inférieur et le relief plus jeune, parsemé de moraines et de drumlins du *Boulder-clay* supérieur.

6. Le glacier recule ensuite pour la seconde fois, laissant la contrée à nu et permettant à la mer de baigner à nouveau les côtes britanniques. Les géologues écossais Jamieson (¹), Yack, Peach, Horne et J. Geikie (²) ont insisté sur la constance, en Écosse, d'une *terrasse marine de* 100 *pieds*, superposée au *Till supérieur*, et pénétrant dans les fiords et dans les basses vallées de la Clyde, du Forth, de la Tay, etc. La faune extrêmement arctique (*Pecten Groënlandicus*, *Yoldia arctica*, *Tellina myopsis*) indique un refroidissement intense des eaux marines.

La terrasse marine de 100 pieds semble spéciale aux côtes écossaises; jusqu'ici on n'en connaît aucun témoin en Angleterre ni en Irlande. S'appuyant sur ce fait, M. W. Wright (³) attribue l'altitude de cette terrasse à une *surélévation isostasique* locale (due à la fonte du glacier rissien) et la regarde pour cette raison comme contemporaine de l'*argile à Yoldia* de Scandinavie. Une telle assimilation me semble inadmissible. La terrasse de 33^{m} d'Écosse est plus ancienne que les dépôts de la *mer à Yoldia*, car elle est ravinée, comme on va le voir, par les moraines würmiennes et qu'elle répond, en conséquence, à l'interglaciaire entre Riss et Würm. De plus, elle se maintient dans toute l'Écosse à une altitude constante et ne s'abaisse pas vers le Sud comme les dépôts à *Yoldia* scandinaves. J'admettrai donc

---

(¹) Jamieson, *On the History of the last geological changes in Scotland* (*Q. J. G. S.*, London, t. 21, 1865, p. 161).

(²) J. Geikie, *The great Ice Age*, Chap. XXI.

(³) Wright, *The quaternary Ice Age*, 1914, Chap. XVI.

qu'il faut la rattacher à une phase terminale de la *ligne de rivage tyrrhénienne*.

7. Ensuite intervient une troisième phase glaciaire, bien moins étendue que les précédentes et limitée à quelques massifs des Highlands, des Hébrides, des Grampians, du district des lacs, du pays de Galles et de l'Irlande. C'est une époque de grands glaciers de vallées, souvent soudés ensemble à leur débouché dans les plaines. La puissance et la fraîcheur de leurs moraines terminales rappelle celles des moraines baltiques et des moraines würmiennes des Alpes.

L'attribution de ces glaciers à l'époque *mecklenbourgienne-würmienne*, admise par J. Geikie, se trouve confirmée par les observations de Whright sur les côtes occidentales d'Écosse (*loc. cit.*, p. 370) : la branche du glacier qui débouchait du Loch Carron se termine par un cône fluvio-glaciaire qui descend plus bas que la terrasse de 100 pieds voisine, et atteint le rivage à l'altitude de 20^{m}. Des faits identiques sont signalés au Glen Foras, dans l'île de Mull, et par Maufe au Loch Linnhe (Argyll). On doit en tirer la conclusion que la glaciation locale des Highlands est postérieure à la terrasse de 33^{m} et répond à une ligne de rivage de 20^{m}, c'est-à-dire à la ligne würmienne.

Il est logique d'attribuer à la même ligne de rivage la terrasse marine, dite *terrasse de* 50-60 *pieds*, si répandue sur le pourtour des côtes écossaises, et qui contient, avec beaucoup d'espèces britanniques, quelques coquilles de climat plus septentrional. Cette terrasse pénètre dans les basses vallées d'Écosse où elle se relie en amont à des terrasses fluviales dont les rapports d'origine avec les moraines des Highlands n'ont pas été reconnus, et mériteraient d'être recherchés avec soin. Cette ligne de rivage de 15^{m}-20^{m} n'est pas spéciale à l'Écosse : c'est la ligne de rivage *monastirienne* dont j'ai signalé la constance sur toutes les côtes de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée.

8. Il ne reste plus à indiquer, après une *période régressive* ayant donné lieu à la formation de tourbières et de forêts submergées, qu'une dernière terrasse marine de 25 pieds, dont j'ai déjà noté la constance sur toutes les côtes atlantiques et méditerranéennes. On y a trouvé en Écosse, avec une faune marine actuelle, les premiers outils humains en pierre de l'extrême début du Néolithique, analogues à ceux du Danemark et de la Scandinavie. Mais nous sortons ici des temps quaternaires.

Le Tableau suivant résume la coordination que je crois pouvoir proposer entre les formations quaternaires des Iles Britanniques et celles de la Méditerranée.

Lignes de rivage méditerranéennes.	Formations quaternaires des Iles Britanniques.	Lignes de rivage britanniques.
Étage Monastirien 15^m-20^m.	Terrasse marine de 50 pieds (Ecosse, Manche). Glaciation des Highlands (Würmien).......	15^m-20^m
Étage Tyrrhénien 30^m-33^m.	Terrasse marine de 100 pieds (Écosse)........ Glaciation polonienne-rissienne.	33^m
	Graviers marins interglaciaires du Holderness, Yarmouth, Speeton, etc. Ligne de rivage de 30^m du Sussex..........................	33^m
Étage Milazzien 55^m-60^m.	Glaciation saxonienne-mindélienne...........	Inconnue
Régression pré-milazienne.	Plages préglaciaires de Sewerby, de Gower et d'Irlande..............................	4^m-8^m
Étage Sicilien 90^m-100^m.	Argiles à *Leda myalis* du Norfolk............	90^m-100^m probablemetn
Régression pré-sicilienne.	Forest-bed..............................	6^m-8^m

Si l'on accepte cette coordination, toute l'histoire quaternaire des Iles Britanniques s'explique sans être obligé d'invoquer le moindre mouvement du sol, ni epeirogénique, ni même isostasique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la toxicité du fer et les propriétés antitoxiques du cuivre vis-à-vis des sels ferreux.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

En solution très étendue comme celles dont on fait usage dans les expériences de culture, les sels de fer sont beaucoup trop altérables pour qu'il soit possible de se rendre un compte exact de l'état dans lequel s'y trouve le métal à un moment donné; les sels ferriques sont immédiatement hydrolysés, les sels ferreux s'oxydent plus ou moins vite, suivant la composition des liqueurs, et se changent ainsi finalement en sels ferriques qui s'hydrolysent à leur tour. Dans les deux cas le métal finit par se précipiter, à l'état de peroxyde ou de sel basique, ce qui, en le rendant inassimilable, amoindrit ses propriétés vénéneuses, mais en même temps il y a mise en liberté d'une certaine quantité d'acide qui, s'il n'est pas aussitôt neutralisé, agit, au contraire, comme puissant toxique ([1]). On ne saurait donc, dans une

([1]) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 547.

solution nutritive contenant du fer, distinguer sûrement l'effet de ce métal de celui des autres substances qui l'accompagnent.

C'est pourquoi nous n'avons pas compris le fer parmi les éléments dont nous avons, dans une Communication antérieure, fait connaître l'influence sur la germination [1]; mais, ayant constaté que le fer et le cuivre exercent l'un sur l'autre une action qui peut se traduire par une modification profonde de la composition et des propriétés physiologiques des liqueurs où ils se trouvent mélangés, il devenait indispensable de reprendre l'étude particulière de cette question, au point de vue surtout de la différence d'action des sels ferreux et des sels ferriques, employés seuls ou en présence de chaux.

Comme sels ferreux on s'est servi indifféremment de sulfate de fer ordinaire ou de sel de Mohr, comme sel ferrique d'alun de fer ammoniacal.

Le sulfate ferreux fraîchement dissous est, comme on le savait d'ailleurs déjà, éminemment toxique, peut-être même plus encore qu'on ne le supposait, car nos essais montrent que son action est comparable à celle du sulfate de cuivre lorsqu'on l'emploie seul; comme dans tous les autres cas, la chaux fonctionne à son égard comme antitoxique, sans pourtant parvenir à en annuler complètement les effets. En présence de phosphate monopotassique cette toxicité est notablement amoindrie, mais c'est qu'alors le sel ferreux s'oxyde plus aisément et se change ainsi plus vite en sel ferrique moins actif.

Les expériences suivantes ont été faites avec des pois gris d'hiver, cultivés sur sable en soucoupes, suivant la méthode que nous avons précédemment décrite. Chaque germoir contenait 10 graines et 40^{g} de sable, arrosé avec 10^{cm^3} d'une solution renfermant les quantités de matières indiquées ci-après :

1° *Sans phosphate.*

$SO^4Fe, 7H^2O$		0^{mg}.	$0^{mg},1$.	$0^{mg},2$.	$0^{mg},4$.	1^{mg}.	2^{mg}.	4^{mg}.
Racines	sans chaux	22^{mm}	21^{mm}	23^{mm}	22^{mm}	16^{mm}	14^{mm}	12^{mm}
	$0^{mg},5$ $CaSO^4$	70^{mm}	62^{mm}	59^{mm}	54^{mm}	26^{mm}	17^{mm}	15^{mm}

2° *Avec* 50^{mg} PO^4KH^2 *et* 8^{mg} $CaSO^4$.

$SO^4Fe, 7H^2O$	0^{mg}.	2^{mg}.	5^{mg}.	10^{mg}.	20^{mg}.	40^{mg}.
Racines	42^{mm}	40^{mm}	27^{mm}	19^{mm}	10^{mm}	7^{mm}

Cette dernière expérience, dans laquelle on a poussé la minéralisation du liquide nourricier jusqu'à le rendre moins favorable qu'une solution étendue

(1) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 45.

de sulfate de chaux, montre, en même temps que l'influence antitoxique du phosphate, l'impuissance de ce dernier sel à neutraliser complètement l'action nocive qu'exerce le sulfate de fer lorsqu'on l'administre à dose un peu forte.

Si maintenant nous comparons les sels ferriques aux sels ferreux, nous constatons qu'ils sont beaucoup moins vénéneux, ce qui était à prévoir puisque la précipitation de leur métal est plus rapide.

L'expérience suivante a encore été exécutée en soucoupes, comparativement avec le sel de Mohr et l'alun ferrico-ammonique auquel, par surcroît de précaution, on a ajouté un poids de sulfate d'ammoniaque tel que la solution ferrique en contienne autant que la solution ferreuse.

	Eau pure.	$1^{mg},4$ sel de Mohr.	$2^{mg},8$ sel de Mohr.	7^{mg} sel de Mohr.	$1^{mg},7$ alun; $0^{mg},23$ SO^4Am^2.	$3^{mg},4$ alun; $0^{mg},47$ SO^4Am^2.	$8^{mg},6$ alun; $1^{mg},17$ SO^4Am^2.
Racines...	24^{mm}	17^{mm}	11^{mm}	11^{mm}	35^{mm}	39^{mm}	15^{mm}

La différence est aussi nette que possible; il arrive même que le sel ferrique, à faible dose, exerce une action favorable par rapport à l'eau pure, ce qui tient sans doute à la solubilisation du calcium des téguments par l'acide sulfurique de l'alun. Avec le sel de Mohr ces téguments sont fortement noircis, ainsi que le sable aux points où reposent les graines; avec l'alun, à égalité de richesse en fer, la coloration est à peine visible.

Par la méthode de culture en tubes de quartz et en présence de chaux on arrive aux mêmes résultats, avec cette seule différence que l'alun se montre alors nuisible, tandis que précédemment, en l'absence de chaux, il avait paru favorable. Ceci est conforme à toutes nos observations antérieures; il paraît être, en effet, de règle générale que l'action des toxiques est plus sensible en présence de chaux que sans chaux (1).

Les nombres suivants sont relatifs à une expérience dans laquelle on a fait usage d'une solution renfermant par litre $1^{g},687$ de nitrate de chaux cristallisé et 8^{mg} de fer, à l'état ferreux, ferrique ou colloïdal (oxyde préparé par dialyse).

	Sans fer.	$FeSO^4$.	Alun.	Fe^2O^3 Colloïdal.
Racines...........	105^{mm}	33^{mm}	74^{mm}	78^{mm}
Allongements......	82	14	41	58
Tiges.............	48	31	50	55

(1) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 89.

On voit que le fer à l'état colloïdal est moins vénéneux qu'à l'état de solution vraie, ce qui prouve que sous cette forme il n'est que difficilement assimilé; peut-être, même, l'action toxique qu'il paraît exercer encore est-elle due à quelque trace d'impuretés contenues dans sa pseudosolution; en tout cas il ne noircit pas les racines comme le sulfate ferreux : il y dépose seulement une couche ocreuse d'hydrate ferrique, coagulé à leur surface par les acides qu'elles sécrètent.

Dans les conditions indiquées ci-dessus les graines absorbent beaucoup moins de fer dans les solutions ferriques que dans les solutions ferreuses : après 9 jours de culture, en présence de nitrate de chaux, 5 graines de pois ont pris $0^{mg},094$ de fer au sel de Mohr et seulement $0^{mg},034$ à l'alun.

Les sels ferriques étant moins nocifs que les sels ferreux, il est clair que toute circonstance facilitant l'oxydation de ces derniers diminuera leur toxicité; c'est le cas d'une addition de phosphate monopotassique et surtout de sulfate de cuivre, dont nous avons tout récemment fait connaître l'influence catalytique sur l'oxydation des composés ferreux ([1]); d'où, comme on va le voir, l'explication toute naturelle de l'effet, également signalé par nous ([2]), qu'exerce le cuivre sur la végétation en présence de fer.

Nous avons dit plus haut qu'en présence de phosphate les graines tolèrent une dose de sulfate ferreux qui leur est funeste dans l'eau pure ou additionnée de chaux; l'expérience montre que le cuivre agit exactement de même et d'une façon plus efficace encore. Ce ne peut être que parce qu'il augmente la vitesse de transformation du sel ferreux en sel ferrique, car il reste sans effet dans les solutions qui contiennent de l'alun, c'est-à-dire dans celles où le métal se trouve déjà au maximum d'oxydation.

La culture suivante a été poursuivie pendant neuf jours, en tubes de quartz, dans une solution renfermant par litre $1^{g},687$ de nitrate de chaux et $0^{g},200$ de phosphate monopotassique, plus les quantités indiquées de sels de fer et de cuivre.

	Sans cuivre ni fer.	56mg sel de Mohr		70mg alun de fer	
		sans Cu.	$0^{mg},2\,CuSO^4$.	sans Cu.	$0^{mg},2\,CuSO^4$.
	mm	mm	mm	mm	mm
Racines	150	56	109	115	114
Allongements	130	35	88	93	92
Tiges	105	76	77	93	87

Dans une expérience semblable, portant seulement sur le sel de Mohr,

([1]) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 65.
([2]) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1542.

on a reconnu que les graines avaient absorbé la même quantité de fer, en valeur absolue, soit $0^{mg},3$ pour cinq sujets, avec ou sans cuivre; mais les racines avaient, dans le premier cas, un développement double des autres, ce qui prouve que leur faculté d'assimilation pour le fer, alors en grande partie précipité, avait été notablement affaiblie.

Dès lors, l'action favorable que nous avons reconnue au cuivre, agissant en présence du sulfate de fer, résulte uniquement de ce fait que le sel ferreux, très toxique par lui-même, se transforme rapidement à son contact en sel ferrique, lequel, insolubilisé par hydrolyse et passage à l'état de phosphate, échappe pour la plus grande partie à toute assimilation par les racines. C'est une véritable influence antitoxique que le cuivre exerce ainsi vis-à-vis du fer, grâce à ses propriétés catalytiques dont la puissance, comme nous l'avons fait voir, est au moins égale à celle de ses propriétés vénéneuses.

Cette action antitoxique, portant surtout et peut-être uniquement sur le milieu de culture, dont elle modifie la constitution dans un sens avantageux, n'implique d'ailleurs en aucune façon la nécessité pour les racines d'absorber du cuivre. La plante qui subit ses effets n'en profite donc, ainsi que nous l'avions prévu, que d'une manière indirecte, et le rôle que le cuivre peut jouer à l'intérieur des tissus végétaux reste encore tout entier à déterminer.

Ces résultats suggèrent l'idée d'une application nouvelle des sels de cuivre en agriculture qu'il nous paraît bon de signaler. Certaines terres reposant sur un sous-sol pyriteux renferment du sulfate de fer en quantité assez forte pour en gêner l'exploitation, quelquefois même pour les rendre absolument stériles. On a alors recours à des chaulages énergiques qui, mettant l'hydrate ferreux en liberté, facilitent l'oxydation du métal nuisible; mais cette pratique, comme du reste l'abus de tous les amendements, a pour inconvénient d'épuiser à la longue les réserves naturelles du sol. Il est probable qu'on arriverait au même résultat, sans courir le risque d'appauvrir la terre, en introduisant dans les fumures une forte dose de phosphates facilement assimilables, mélangés avec une petite quantité de sulfate de cuivre. Seule, l'expérience faite en grande culture permettra de voir si cette opinion est fondée.

PHYSIOLOGIE. — *L'épreuve de l'hémoclasie digestive et l'hépatisme latent.* Note de MM. **F. Widal**, **P. Abrami** et **N. Iancovesco**.

Nous avons montré, dans une Note précédente, que chez les sujets atteints de maladies de foie avérées, telles que cirrhoses de types divers, ictères infectieux et toxiques, asystolie hépatique, cancers, l'épreuve de l'hémoclasie digestive permet de mettre en évidence, avec une grande netteté, l'insuffisance du foie à arrêter les produits protéiques incomplètement élaborés qui, au cours de la digestion d'un aliment azoté, pénètrent de l'intestin dans la veine porte. Dans ces cas, l'insuffisance protéopexique du foie se superpose aux autres insuffisances fonctionnelles de cet organe; chez les malades que nous avons étudiés, elle coïncidait soit avec l'insuffisance biliaire totale ou incomplète, soit avec l'insuffisance uréogénique et l'abaissement du rapport azotémique.

L'étude, longtemps poursuivie, d'un cas d'ictère aigu spirochètosique nous a cependant permis de constater qu'au cours de troubles hépatiques légers, on peut observer une dissociation entre l'insuffisance protéopexique et les autres insuffisances fonctionnelles du foie, et que la première peut encore déceler des altérations hépatiques qui ne se traduisent par aucun autre symptôme. Au déclin de l'ictère, en même temps que les urines de ce malade renfermaient de l'urobiline et des acides biliaires, l'épreuve de l'hémoclasie digestive était fortement positive; onze jours plus tard, alors que la réaction de Hay avait disparu et qu'il n'existait plus que de l'urobiline très légère, l'absorption d'un repas azoté (150^{g} de viande et deux œufs) produisait encore une crise hémoclasique; cette même crise se retrouvait neuf jours plus tard, atténuée mais cependant évidente. Après l'ingestion de 200^{g} de lait, la leucocytose fléchissait de 15400 à 10800; il n'existait plus, pourtant à ce moment, aucun autre vestige clinique ni urologique des altérations hépatiques antérieures. C'est seulement sept jours plus tard que l'épreuve de l'hémoclasie digestive devenait à son tour négative, ayant ainsi survécu de quinze jours à la disparition complète de l'ictère et de sept jours à celle de l'urobilinurie. Elle constituait le dernier témoin d'une insuffisance hépatique en voie de régression.

Un pareil fait, qui suffisait à montrer l'extrême sensibilité de cette épreuve et l'intérêt qui s'attache à la recherche systématique de l'hémoclasie digestive, pour apprécier le moment où disparaissent les altérations

cellulaires du foie, nous a engagés à effectuer une série d'investigations en ce sens.

Il est une classe de produits thérapeutiques qui permettent, on va le voir, de poursuivre chez l'homme une étude véritablement expérimentale de l'insuffisance hépatique à tous ses degrés : ce sont les arsénobenzènes. Jusqu'ici on ne connaît en clinique que les grandes formes d'hépatites produites par les injections d'arsénobenzol : les ictères. Dans ces formes, dont nous avons rapporté deux exemples dans notre précédente Note, l'épreuve de l'hémoclasie digestive nous avait montré que l'insuffisance biliaire se surajoute à l'insuffisance protéopexique du foie. Il était à penser que l'ictère toxique ne représente qu'une étape déjà avancée de l'hépatisme arsenical, qu'en dehors de tout ictère, de toute manifestation clinique encore apparente, le novarsénobenzol doit produire des altérations hépatiques légères, jusqu'alors latentes, impossibles à déceler cliniquement et que l'épreuve de l'hémoclasie digestive pourrait aider à déceler. Le grand nombre des sujets qui, dans les services hospitaliers, sont soumis au traitement novarsénical, se prête à une étude rigoureuse de ces faits; il permet non seulement de chercher le retentissement sur le foie des injections d'arsénobenzènes, en pleine cure thérapeutique, mais de saisir l'insuffisance hépatique à ses débuts, d'en suivre l'évolution parallèle à la répétition et à l'augmentation des doses, et d'en évaluer la persistance, après cessation du traitement.

Grâce à l'épreuve de l'hémoclasie digestive, nous avons pu de la sorte nous rendre compte que les altérations hépatiques sont constantes au cours du traitement par le novarsénobenzol; qu'elles apparaissent d'une façon très précoce, et avec l'emploi de très faibles doses; qu'elles sont susceptibles de persister plusieurs semaines après la cessation des injections. L'ictère, seul étudié jusqu'ici, ne représente que la forme la plus sévère et, à vrai dire, exceptionnelle, de cette insuffisance hépatique créée par les arsénicaux. Dans la règle, il s'agit d'un *hépatisme latent*. Il semble que, de toutes les fonctions du foie, la fonction protéopexique soit une des plus fragiles à l'égard de l'intoxication par le novarsénobenzol; si chez certains sujets, en effet, nous avons constaté, en même temps qu'une hémoclasie digestive, un certain degré d'urobilinurie, une réaction de Hay légère, ou un abaissement du rapport azotémique, chez d'autres, par contre, ces derniers signes faisaient défaut, et seule, l'existence de l'insuffisance protéopexique témoignait d'une altération hépatique débutante ou, au contraire, résiduelle.

Voici tout d'abord quelques exemples, qui permettent de se rendre compte de la précocité avec laquelle débute l'insuffisance hépatique, au cours du traitement novarsénical. Une malade, atteinte d'aortite chronique syphilitique, reçoit 30 *centigrammes* de novarsénobenzol en injection intraveineuse. Avant l'injection, l'épreuve de l'hémoclasie digestive est négative; elle reste négative le lendemain; le surlendemain, elle devient positive. Après absorption de 200^g de lait, le chiffre des leucocytes tombe de 12000 à 9600, puis à 6400, en même temps que la pression artérielle s'abaisse de 13 à 11,5. Une autre malade tabétique, reçoit 20 *centigrammes* de novarsénobenzol en deux fois, à trois jours d'intervalle. Négative avant le début du traitement, l'épreuve de l'hémoclasie digestive se montre positive trois jours après la dernière injection. Un homme, tabétique également, reçoit 20 *centigrammes* de novarsénobenzol en une fois, trois jours plus tard, l'insuffisance protéopexique apparaît. Enfin, chez un hémiplégique spécifique, une première injection de 10 *centigrammes* ne produit aucun trouble hépatique décelable; pendant les quatre jours consécutifs, l'épreuve de l'hémoclasie digestive reste négative. On refait alors une seconde injection de 10^{cg}, et, dès le lendemain, l'épreuve devient positive.

De même que l'exploration de la fonction protéopexique du foie permet aussi de dépister, dès ses débuts, l'adultération hépatique latente produite par le novarsénobenzol, elle fournit le moyen d'en évaluer la durée. Celle-ci se montre naturellement variable, suivant les doses de médicament injectées. A la suite d'une injection unique de 30^{cg}, nous l'avons vu, l'épreuve de l'hémoclasie digestive reste positive pendant treize jours, pour devenir négative à ce moment. Par contre, chez les malades qui ont été soumis à une cure thérapeutique tant soit peu intense ou prolongée, les lésions cellulaires du foie sont beaucoup plus durables; on peut les déceler encore plusieurs semaines, parfois même plusieurs mois, après la cessation du traitement.

Les cas, aujourd'hui bien connus, d'ictères tardifs consécutifs aux injections arsenicales, permettaient de prévoir cette longue persistance de l'insuffisance hépatique; dans les cas que nous avons récemment observés et où l'épreuve de l'hémoclasie digestive était fortement positive, l'ictère était survenu respectivement 25 jours et 45 jours après la fin des injections. C'est surtout dans les formes caractéristiques de l'hépatisme arsenical, quand aucun phénomène apparent ne vient attirer l'attention vers le foie, que l'épreuve de l'hémoclasie digestive prend toute sa valeur, en montrant

la longue persistance de troubles hépatiques latents, chez les sujets antérieurement traités par les arsenicaux. Nous l'avons de la sorte trouvée positive 20 jours après la cessation d'une cure de $1^g,50$ de novarsénobenzol, en onze injections, chez un malade atteint de *néphrite syphilitique à forme azotémique*, 18 et 23 jours après la cessation du traitement chez deux sujets atteints de *néphrite syphilitique à forme albuminurique*. Elle faisait défaut chez un dysentérique 2 mois après la fin d'une cure de $5^g,60$; chez un tabétique, 3 mois et demi après la fin d'une cure de $3^g,20$. Par contre, nous l'avons trouvée, dans un cas, fortement positive, 4 mois après la cessation d'un traitement particulièrement intensif; sa constatation nous a alors permis de rattacher à leur véritable cause des troubles dont la nature aurait été, sans cette épreuve, impossible à établir. Il s'agissait d'un syphilitique ancien, chez lequel, depuis plusieurs mois, était survenu un état de fatigue et de dépression accentué, en même temps qu'un amaigrissement de 9^{kg} et des troubles digestifs. Ayant appris que ce malade avait reçu $11^g,75$ de novarsénobenzol en seize injections dont la dernière remontait à 4 mois, nous avons pensé qu'il pouvait être atteint d'hépatisme arsenical. Malgré l'absence de tout signe objectif, l'épreuve de l'hémoclasie digestive se montra très nettement positive. Les urines ne renfermaient que de l'urobiline; la réaction de Hay faisait défaut.

En présence des résultats si nets ainsi obtenus chez les sujets traités par le novarsénobenzol, il était intéressant de rechercher si l'épreuve de l'hémoclasie digestive ne pourrait servir à dépister une insuffisance hépatique légère ou même latente, dans toute une série de cas où l'on a quelque raison de soupçonner, en clinique, une altération de la cellule hépatique.

Il en est ainsi, tout d'abord, de certaines maladies infectieuses aiguës, comme la scarlatine, la fièvre typhoïde, au cours desquelles l'atteinte du foie ne se traduit souvent que par une urobilinurie légère ou, comme l'a montré Brulé, par une rétention des sels biliaires. Sur cinq *scarlatineux* examinés à la période d'état, deux fois, l'épreuve de l'hémoclasie digestive fut positive. Dans un cas, elle coexistait avec une réaction de Hay légère; dans l'autre, cette réaction, qui était présente la veille, faisait défaut le jour où fut constatée l'hémoclasie. Chez un troisième scarlatineux, c'est une dissociation inverse qui fut observée : la réaction de Hay était positive, alors que la fonction protéopexique du foie était suffisante.

Nous avons effectué les mêmes recherches chez neuf sujets atteints de *fièvre typhoïde*. Six d'entre eux étaient en pleine période d'état; les signes d'une atteinte hépatique se traduisaient, dans deux cas, par la présence

d'une réaction de Hay, avec urobilinurie légère; dans les quatre autres, ils faisaient entièrement défaut. L'épreuve de l'hémoclasie digestive ne fut positive que chez un des deux malades, dont les urines contenaient des acides biliaires et de l'urobiline. D'autre part, chez trois autres sujets convalescents, le pouvoir protéopexique était normal.

Il est une autre classe de maladies, où l'exploration de la fonction protéopexiqne du foie était intéressante à effectuer, en raison du rôle attribué à l'insuffisance hépatique dans leur genèse : ce sont les *maladies hémorragipares*. La fréquence bien connue des hémorragies dans les formes graves des affections du foie, de même que l'action régulatrice exercée par cet organe sur la coagulation du sang, ont fait incriminer, de tout temps, les lésions hépatiques dans la production des syndrômes hémorragipares. Il était donc indiqué de rechercher si l'épreuve de l'hémoclasie digestive ne pouvait apporter un appoint en faveur de l'origine hépatique des troubles observés. Dans les deux cas d'*hémophilie* où nous avons pu l'effectuer, cette épreuve resta négative. Par contre, sur cinq cas de *purpuras primitifs* de cause inconnue, elle fut deux fois positive et particulièrement intense; il s'agissait, d'une part, d'un purpura simple rhumatoïde, avec tendance hémophilique, survenu chez une ancienne syphilitique, et, d'autre part, d'un purpura chronique récidivant, avec une coagulation sanguine normale, datant de quatre mois. Les urines de la première de ces deux malades contenaient des sels biliaires.

On pouvait encore se demander si, dans certaines maladies de la nutrition, comme le diabète, où les troubles hépatiques sont fréquemment invoqués, l'étude du pouvoir protéopexique du foie ne montrerait pas, dans certains cas, le déficit fonctionnel de cet organe. Il en est effectivement ainsi. L'épreuve de l'hémoclasie digestive, recherchée dans quatre cas de diabète, fut positive deux fois. Chez un de ces malades, le foie était hypertrophié, et il existait une urobilinurie légère, avec réaction de Hay, mais le rapport azotémique était normal. Chez l'autre, le foie était de volume normal, mais le rapport azotémique était abaissé; les urines ne renfermaient ni urobiline, ni acides biliaires.

Enfin, en l'absence de tout symptôme d'insuffisance hépatique objectivement constatable, l'épreuve de l'hémoclasie digestive nous a permis de déceler encore l'adultération du foie chez un sujet atteint de *névrite périphérique alcoolique*, et chez un *brightique chronique*, *azotémique*, avec $1^{g},70$ d'urée sanguine, dont le foie était légèrement hypertrophié. Dans ce dernier cas, c'est bien à l'insuffisance hépatique qu'il faut attribuer le caractère positif de l'épreuve, car elle était complètement négative, chez trois

autres azotémiques, présentant l'un $1^{g},60$, le second $1^{g},40$ et le dernier $1^{g},92$ d'urée dans le sang.

C'est au cours des processus d'origine toxique, microbienne, ou même circulatoire que la fonction protéopexique de la cellule hépatique paraît le plus fortement touchée. C'est ainsi que dans tous les cas d'intoxication arsenicale que nous avons étudiés, de même que dans les ictères infectieux et dans l'asystolie hépatique, l'épreuve de l'hémoclasie digestive recherchée chez le même sujet à différentes reprises au cours de l'évolution de l'affection s'est montrée remarquable par sa constance, par sa précocité et par sa longue persistance. Au contraire, dans les cirrhoses de types divers que nous avons observées, maladies où les lésions sont si marquées sur le tissu conjonctif et où la cellule hépatique est moins profondément touchée, l'insuffisance protéopexique n'a pas présenté la même fixité; recherchée à diverses reprises chez le même malade, elle a montré parfois, dans son évolution, des intermittences au cours desquelles elle s'atténuait jusqu'à être seulement ébauchée, pour reprendre ensuite parfois d'un jour à l'autre toute son intensité. Une cirrhotique, lors d'un premier examen, ne présenta même aucune crise hémoclasique; dans la suite, cette crise recherchée plusieurs fois fut au contraire toujours manifeste et avec une grande intensité.

On voit, par tous ces exemples, l'intérêt que présente l'étude de l'hémoclasie digestive, qui réalise sur l'homme une véritable exploration expérimentale absolument inoffensive. Il n'est pas d'épreuve dont les résultats soient plus impressionnants à constater pour le médecin à qui il suffit de faire absorber un simple verre de lait par un hépatique pour provoquer un bouleversement de tout son équilibre vasculo-sanguin. La chute de la pression artérielle, l'abaissement du nombre des globules blancs, l'inversion de la formule leucocytaire, les troubles de la coagulation, la diminution du taux des albumines du sang, sont, en effet, autant de phénomènes décelables par le sphygmomanomètre ou les procédés de laboratoire, mais qui, cependant, se déroulent silencieusement, sans qu'aucun signe ne vienne révéler au malade la perturbation qui s'opère dans l'état de sa circulation.

Cette épreuve de l'hémoclasie digestive fournit donc au médecin un moyen de plus pour apprécier la valeur fonctionnelle du foie. L'insuffisance protéopexique coïncide très souvent avec l'urobilinurie, la rétention des acides biliaires, ou l'abaissement du rapport azotémique; dans bien des cas, cependant, elle apparaît isolée et constitue alors le seul témoin d'un hépatisme latent.

M. **Alfred Grandidier**, en son nom et en ceux de ses collaborateurs, MM. **Henri Froidevaux** et **Guillaume Grandidier**, fait hommage à l'Académie du Tome IX de la *Collection des Ouvrages anciens concernant Madagascar : Histoire de la grande île de Madagascar*, par Flacourt (1642-1660), seconde Partie, et *Mémoires sur l'île de Madagascar*, par François Martin (1665-1668).

PLIS CACHETÉS.

M. **André Blondel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 6 janvier 1919 et inscrit sous le n° 8608.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient le Mémoire suivant : *Nouvel appareil optique pour la mesure des oscillations de vitesse et des écarts angulaires*.

CORRESPONDANCE.

MM. **Charles Doyère**, **Fernand Gossot**, **Ferdinand Le Cerf** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des longueurs d'onde d'une raie de bande du cyanogène dans la lumière du Soleil et dans celle d'une source terrestre*. Note de M. **A. Perot**, présentée par M. H. Deslandres.

M. Einstein a annoncé que, d'après la théorie de la relativité généralisée, le rapport des périodes ou des longueurs d'onde d'une raie d'un corps, émise par une source solaire et par une source terrestre devait être égal à $1+2.10^{-6}$. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le résultat de l'essai de la vérification de cette conséquence sur la tête de la deuxième bande du cyanogène, de longueur d'onde 4197 Å.

Du moment où, comme je l'ai trouvé antérieurement [1], la longueur

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 988.

d'onde de la raie terrestre n'est pas absolument indépendante de la pression, la vérification tentée paraît à première vue très incertaine, car on ne peut déterminer directement la pression dans la région du Soleil où se trouve la vapeur absorbante ; toutefois la mesure de la longueur d'onde de la radiation pour différentes régions du disque a montré qu'elle est affectée par les causes de trouble révélées par les spectrohéliogrammes faits à Meudon à l'aide des raies K_2 et K_3 du calcium par MM. d'Azambuja et Burson. Dans mes expériences, la lumière d'une petite région du disque (égale à $\frac{1}{80}$ de la surface totale) donne une longueur d'onde trop grande quand cette région comprend une plage faculaire et une longueur d'onde trop petite quand elle renferme une fraction de filament, ce qui correspond bien aux mouvements descendants des plages faculaires et ascendants des filaments que M. Deslandres a trouvés antérieurement pour les couches élevées du calcium (¹). Ces variations de longueur d'onde montrent que la région absorbante qui produit la raie ne se trouve pas dans les couches basses à forte pression de l'atmosphère solaire, et que par suite il y a lieu d'en comparer la longueur d'onde à celle des sources terrestres à basse pression.

Il ne semble pas d'ailleurs que la couche se trouve aux très hautes altitudes pour la raison que voici : en comparant la longueur d'onde de la région centrale à celle des régions voisines des pôles, à la latitude moyenne de 46° (assez éloignées du bord pour que le déplacement vers le rouge y soit insensible), j'ai trouvé une prédominance de la longueur d'onde centrale de $0,28.10^{-6}$ en valeur relative, correspondant à une vitesse de chute des centres absorbants de $0^{km},27$ seulement, plus faible que celle des métaux que j'ai étudiés antérieurement (²), la vapeur ne se trouverait pas dans les couches très élevées.

La correction due au mouvement de descente des centres absorbants, calculée en partant de ces données, atteint $0,63.10^{-6}$.

Nécessairement, j'ai dû consulter les spectrohéliogrammes journaliers pour discuter et interpréter les mesures faites.

La source terrestre était l'arc voltaïque entre charbons à la pression atmosphérique, l'intensité était 10 ampères et la lumière prise normalement à l'arc. Pour ramener la source à être à basse pression, j'ai, toujours en valeur relative, augmenté sa longueur d'onde de $1,6.10^{-6}$.

31 mesures ont été faites de la différence entre la longueur d'onde solaire

(¹) *Annales de l'Observatoire de Meudon*, t. 4.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1367; t. 154, 1912, p. 326 et 1684.

et celle de la source terrestre, 17 de l'écart entre la longueur d'onde du centre et celle des régions voisines des pôles; elles ont été effectuées du 8 mai au 29 juin de cette année à l'aide du spectroscope interférentiel de l'Observatoire de Meudon. La lame argentée à faces parallèles avait 5^{mm} d'épaisseur. L'image du Soleil, fournie par un miroir concave, se forme sur une plaque de cuivre graduée au centre de laquelle est percé un trou circulaire. La lumière de la région projetée sur le trou pénètre dans le spectroscope; en déplaçant l'image solaire, on peut prélever la lumière de la partie du Soleil sur laquelle on veut opérer. Un régulateur à main, placé contre la plaque de cuivre, permet de substituer au faisceau solaire celui de l'arc électrique.

Les régions de la surface solaire étudiées ont été : la région centrale, désignée par la lettre C, deux régions dont les centres, situés sur le méridien central, sont à une distance du centre de l'image égale à 0,722 du rayon; elles sont désignées par les lettres N et S, enfin deux régions appelées O et E semblablement situées sur l'équateur.

Les opérations principales ont toutes été photographiques; au milieu de chaque pose l'épaisseur de l'étalon était repérée à l'aide de la lumière de l'arc au mercure dont les anneaux étaient mesurés avec une lunette micrométrique, ainsi que je l'ai indiqué antérieurement. Les diamètres des anneaux photographiques ont été déterminés avec une lunette à oculaire micrométrique; M. Jelstrup a bien voulu m'aider dans ces opérations.

Les corrections dues au mouvement de la Terre relativement au Soleil ont été faites par les formules usuelles.

Voici le détail des résultats obtenus :

	Comparaison Soleil—Arc.				
Dates.	C.	$\frac{N+S}{2}$	N.	$\frac{O+E}{2}$	Comparaison C — N ou C — S.
8 mai........	//	//	+1,25	//	+1,39
11 »	//	+2,00	//	//	+0,96
11 »	//	//	//	//	+1,12
21 »	+2,00	+2,01	//	+2,14	—0,03
21 »	//	//	//	+2,31	//
22 »	+1,59	+2,01	//	//	—0,42
28 »	//	+2,98	//	//	//
28 »	+2,85	+2,71	//	//	+0,36
31 »	+1,72	+1,68	//	//	+0,04
3 juin........	+2,85	+2,76	//	//	+0,11
8 »	//	+2,54	//	//	—0,09

Dates.	Comparaison Soleil — Arc.				Comparaison C — N ou C — S.
		$\frac{N+S}{2}$.	N.	$\frac{O+E}{2}$.	
9 juin........	″	+2,02	+2,64	″	+0,22
10 »	″	+1,76	″	″	″
15 »	″	″	″	″	−0,54
18 »	+1,88	″	″	″	+0,52
18 »	+1,73	″	″	″	+0,12
22 »	″	″	″	″	+0,20
24 »	″	+2,21	″	″	″
25 »	+2,13	+2,14	″	″	−0,01
25 »	″	+2,88	″	″	″
26 »	″	+2,70	″	″	″
28 »	″	+2,80	+2,00	″	″
29 »	″	+2,27	+3,20	″	+0,24
29 »	″	+1,07	″	″	+1,00

Moyennes.

Différence Soleil—Arc	2,22
Différence C — N ou C — S....................	0,28

Les erreurs moyennes sont 0,10 pour la première série, 0,11 pour la seconde.

En résumé, la longueur solaire est plus grande que la longueur d'onde terrestre, leur différence est en valeur relative $(2,22 \pm 0,10).10^{-6}$ ou 0,009 Å en valeur absolue.

Si l'on tient compte du mouvement de descente des centres absorbants, cette différence est ramenée à $(1,6 \pm 0,3).10^{-6}$ en valeur relative et 0,007 Å en valeur absolue.

Le nombre d'Einstein est compris entre le nombre brut et le nombre corrigé.

ASTRONOMIE. — *Découverte et observations de la comète* 1920 *b* (*Schaumasse*). Note de M. A. Schaumasse, présentée par M. B. Baillaud.

Cette comète fut découverte, dans la nuit du 18 juillet, avec l'équatorial coudé de 0^m,40 d'ouverture de l'Observatoire de Nice. Voici les premières observations obtenues :

Dates. 1920.	Temps moyen de Nice.	ΔÆ.	Δ⨁.	Nombre de comp.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Juill. 18....	14. 6. 4	−2.29,81	−1.46,0	15:10	1.47.52,82	$9,564_n$	−1.13.40,3	0,789	1
» 18....	14.39.37	−2.26,47	−1.53,4	15:10	1.47.56,18	$9,518_n$	−1.13.47,7	0,791	1
» 19....	13.52. 7	−1.40,35	−2.10,8	15:10	1.50.19,42	$9,577_n$	−1.15.13,0	0,789	2
» 20....	13.59.56	−2.19,85	+6.33,6	15:10	1.52.46,72	$9,578_n$	−1.16.55,4	0,789	3

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne 1920,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1920,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..........	9,3	1.50.20,30	+2,35	−1.12. 9,1	+14,8	Alg. ph. ★ 8 Cl. 5-2°
2..........	9,3	1.51.57,40	+2,37	−1.13.17,1	+14,9	Alg. ph. ★ 21 Cl. 5-2°
3..........	8,4	1.55. 4,19	+2,38	−1.23.44,0	+15,0	Alg. ph. ★ fond.

Remarques. — La comète de grandeur 11-11,5, est une nébulosité diffuse, de 2′,5 d'étendue, présentant, dans une région passant un peu avant et au-dessous du centre géométrique, une condensation qui ressort peu et se pointe difficilement.

Des calculs rapides ont montré que cette comète était probablement la seconde comète périodique de Tempel. Une éphéméride de cette dernière avait été publiée dans la circulaire n° 4, du Bureau international des Télégrammes astronomiques, mais en s'écartant même beaucoup des positions données, on l'avait vainement cherchée, notamment les 15 et 20 juin et le 14 juillet.

ASTRONOMIE. — *Identité probable de la comète 1920 b (Schaumasse) avec la comète périodique Tempel₂*. Note de M. G. **Fayet**, présentée par M. B. Baillaud.

Au début de juin, un télégramme transmis par l'Observatoire d'Harvard (États-Unis) faisait connaître que la comète périodique $Tempel_2$ avait été retrouvée le 25 mai, par M. Kudara, à Kyoto (Japon). L'objet, visible dans un petit télescope, se trouvait alors à la position

$$Æ = 20^h 56^m; \quad \text{décl.} = -4°53'.$$

La situation de l'astre était très différente de celle assignée par les calculs de prédiction : il fallait, pour expliquer cet écart, admettre *une erreur*

de 25 jours dans la date prévue pour le passage au périhélie et encore, en acceptant cette correction vraiment anormale, ne parvenait-on à représenter l'observation de M. Kudara que d'une façon très imparfaite ($2^m 22^s$ en Æ et 18′ en décl.).

En outre, fait surprenant puisqu'il s'agissait d'un objet accessible aux petits instruments, aucune autre observation n'est parvenue à notre connaissance depuis le télégramme d'Harvard.

Dans la nuit du 18 juillet, M. Schaumasse a trouvé, à l'aide de notre équatorial coudé (de $0^m,40$ d'ouverture), une comète de onzième grandeur et que l'on crut nouvelle puisqu'elle se trouvait à 40° de la position de la comète Tempel calculée en partant de l'observation Kudara.

Malgré cela, il m'a paru intéressant de rechercher s'il n'y avait pas quelque erreur dans ce qui précédait, et j'ai essayé une identification entre l'objet découvert par M. Schaumasse et la comète Tempel; en partant des éléments publiés par M. Maubant (*A. N.*, 183, p. 289) pour cette comète périodique, il m'a été possible, en admettant une *avance de* $6^j,44$ *dans l'époque du passage au périhélie du présent retour* (ce qui revient à augmenter le moyen mouvement de 1″,16) de représenter presque exactement, soit à moins de 2′, l'observation faite à Nice le 18 juillet; en outre, les mouvements géocentriques calculés et observés sont identiques. Il me semble donc à peu près certain que la comète retrouvée par M. Schaumasse n'est autre chose que la comète périodique en question.

Reste à expliquer l'observation faite à Kyoto :

Or, en admettant que l'objet trouvé à Nice est la comète Tempel_2 (c'est-à-dire en acceptant, pour les éléments Maubant, la correction indiquée précédemment), on trouve, qu'à la date du 25 mai, cette comète périodique devait se trouver au voisinage de la position

$$Æ = 22^h 57^m; \qquad \text{décl.} = -4°53'.$$

Ce sont précisément les nombres télégraphiés par l'Observatoire d'Harvard, avec une *différence de deux heures dans l'ascension droite*. Ainsi tout serait expliqué par une erreur d'un chiffre dans la transmission.

Il n'en subsiste pas moins que, sans la découverte de mon collaborateur, cette comète intéressante n'aurait pu être suivie pendant l'apparition de 1920.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Tempel II (Schaumasse) 1920 a, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. P. CHOFARDET, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1920.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	Δ℘.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Juil. 20..	13.46.50	−2.20,82	− 6.35,8	9 : 6	1.52.45,75	$9,553_n$	91.16.55,4	$0,815_n$	*a*
» 20..	14.25.14	−2.17,14	− 6.30,8	9 : 6	1.52.49,43	$9,507_n$	91.17. 0,4	$0,816_n$	*a*
» 21..	14. 6.20	−2.17,10	+ 2.49,7	9 : 6	1.55.11,83	9.530_n	91.18.54,1	$0,815_n$	*b*

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ 1920,0.	Réduction au jour.	℘ 1920,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.........	8,4	1.55. 4,19	+2,38	91.23.46,2	−15,0	A.G. Nicolajew 393.
b.........	8,5	1.57.16,53	+2,40	91.16.19,4	−15,0	A.G. Nicolajew 401.

Remarques. — La comète, estimée de 11e grandeur, a une condensation assez mal définie située au SW de la chevelure, laquelle semble s'allonger à l'opposé sur 1′ à 1′.5 d'étendue.

THERMODYNAMIQUE. — *Les isothermes au voisinage de l'état critique. La détente adiabatique des fluides saturés.* Note de M. C. RAVEAU.

I. Reprenons les considérations de continuité si heureusement introduites par M. G. Bruhat [1] dans l'étude des environs de l'état critique. Nous remarquerons d'abord que la continuité de $\frac{\partial p}{\partial T}$ entraîne, d'une part l'égalité de ce quotient et du $\frac{dp}{dT}$ relatif à la tension de vapeur, d'autre part la condition $\frac{\partial p}{\partial v} = 0$. Les variations de p, v, T à partir de l'état critique obéissent alors à l'équation

$$\Delta p - \frac{dp}{dT}\,dT - \frac{1}{2}\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\,dT^2 = \alpha\,dv^3 + \beta\,dv^4 + dT(\gamma\,dv + \delta\,dv^2) + \ldots.$$

La forme de l'isotherme critique donne les conditions $\alpha < 0$, $\beta > 0$;

(1) G. BRUHAT, *Les propriétés des fluides au voisinage du point critique et les équations caractéristiques* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1173).

l'inclinaison de la tangente d'inflexion des isothermes, $\gamma < 0$; la position du point d'inflexion, $\delta > 0$.

Première approximation. — Négligeons β et δ. L'isotherme théorique admet un point d'inflexion I d'abscisse $dv = 0$. La condition de Maxwell, ou même ici la simple raison de symétrie, fait passer par ce point I la partie rectiligne LV de l'isotherme expérimentale, qui s'y trouve divisée en deux parties égales. La demi-longueur η de LV est, conformément à la première équation (5) (p. 1174) de M. Bruhat,

$$\alpha\eta^2 + \gamma\,\delta\mathrm{T} = 0. \tag{1}$$

Seconde approximation. — *L'introduction des termes $\beta\,dv^4$ et $\delta\,d\mathrm{T}\,dv^2$ fait varier l'ordonnée du segment rectiligne* LV *et l'abscisse de son milieu.*

Le terme $\delta\,d\mathrm{T}\,dv^2$ entraîne un déplacement du point d'inflexion :

1° L'abscisse devient $-\frac{\delta}{3\alpha}d\mathrm{T}$ ou $\frac{\delta}{3\gamma}\eta^2 < 0$;

2° L'ordonnée croît de $-\frac{\gamma\delta}{3\alpha}d\mathrm{T}^2 < 0$.

Le terme $\beta\,dv^4$ impose au segment LV, par rapport au point d'inflexion, trois déplacements :

3° La courbe est déformée de part et d'autre du point d'inflexion; les points L et V subissent une variation d'abscisse $\left(-\frac{1}{2\alpha\eta^2}\right)\beta\eta^4 = -\frac{\beta}{2\alpha}\eta^2 > 0$;

4° Les aires limitées par la courbe et la transversale LIV s'accroissent de la quantité $\frac{\beta}{5}\eta^5$; la condition de Maxwell exige que cette droite soit relevée de $\frac{\beta}{5}\eta^4$ ou $\frac{\beta}{5}\frac{\gamma^2}{\alpha^2}d\mathrm{T}^2 > 0$;

5° Ce relèvement entraîne pour L et V une nouvelle variation d'abscisse égale à $\left(-\frac{1}{2\alpha\eta^2}\right)\left(-\frac{\beta\eta^4}{5}\right) = \frac{\beta}{5.2\alpha}\eta^2 < 0$.

La somme des termes 1°, 3°, 5° nous fournit immédiatement la seconde équation (5) de M. Bruhat, *avec sa signification géométrique.*

Des termes 2° et 4° résulte la condition nouvelle

$$\frac{1}{2}\left(\frac{d^2p}{d\mathrm{T}^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial\mathrm{T}^2}\right) = -\frac{\gamma\delta}{3\alpha} + \frac{\beta}{5}\frac{\gamma^2}{\alpha^2}.$$

C'est bien à cette forme simple que se réduirait, tous calculs effectués, la relation (7) de M. Bruhat.

II. Passons à la détente adiabatique. A partir d'un état quelconque parfaitement stable, on peut imaginer deux formes de détente adiabatique

réversible, qui respectent l'homogénéité de la température et de la pression. Dans la détente *métastable*, tout changement d'état est suspendu, le titre x est invariable; dans la détente *stable*, ce changement peut se produire librement.

Soient $\cot\alpha'$, $\cot\beta'$ les valeurs de $\frac{\partial v}{\partial p}$ relatives à ces deux modes de détente. Considérons deux états parfaitement stables $A(p, T, x)$, $B(p+dp, T+dT, x)$. Passons de A à B par deux circuits réversibles composés chacun d'un segment d'isotherme et d'un segment d'adiabatique, le premier circuit ACB étant stable, le second ADB métastable. Le cycle fermé réversible ACBDA n'échange de chaleur avec l'extérieur qu'à la température T. Son aire est nulle. Ainsi se trouve étendue à un cas général, avec une démonstration plus simple, ce que j'ai appelé la réfraction des adiabatiques [1].

Appelons P le point d'intersection, purement géométrique, de BD et AC. Les deux aires BCP, APD sont égales [2]. La seconde est la moitié de l'aire d'un cycle de Carnot de diagonale AP. Soient dQ la chaleur absorbée de A à B, c'est-à-dire de A à D, dT' la variation de température entre D et P; l'égalité des aires s'écrit

$$dp^2(\cot\beta' - \cot\alpha') = \frac{J\,dQ\,dT'}{T}. \tag{2}$$

Mais dQ est aussi la chaleur absorbée dans la transformation métastable AP à pression constante. Posons $dQ = \Gamma\,dT'$, nous obtiendrons une formule générale qui renferme l'équation (6) (p. 162) démontrée par M. Bruhat [3] dans une Note récente.

Voici encore un autre moyen d'obtenir cette formule. Appelons $\mu_1 - \mu_2$ la différence des potentiels (de Gibbs) des deux fluides, différence qui reste toujours nulle dans une transformation stable. L'analogie avec l'expression classique de $C - c$ fournit immédiatement une expression de $\cot\beta' - \cot\alpha'$ dont un calcul simple donne la valeur

$$\left(\frac{\partial(\mu_1 - \mu_2)}{\partial p}\right)_x \left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)_{\mu_1 - \mu_2} = \left(\frac{S_1 - S_2}{T}\,\frac{dQ}{dT}\,\frac{dT}{dp}\right)\left(\frac{dQ}{dT}\,\frac{1}{T(S_1 - S_2)}\,\frac{dT}{dp}\right).$$

---

(1) C. Raveau, *Sur les propriétés calorimétriques d'un système de liquide et de vapeur* (*Journal de Physique*, 3e série, t. 1, 1892, p. 461).

(2) Le signe de l'une de ces aires se déduit *a priori* de la considération de deux cycles triangulaires accouplés dont les éléments sont décrits en sens inverse [voir ma Note *Stabilité et déplacement de l'équilibre* (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 767)].

(3) G. Bruhat, *Remarques sur la détente des vapeurs saturées* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 162).

Au point critique, la relation (2) conduit au résultat *sans qu'on ait à lever d'indétermination*. D'ailleurs en ce point les choses se passent simplement, parce que, dans l'expression $c\,d\mathrm{T} + l\,dv$, c seul est discontinu et que l'on peut poser immédiatement

$$\cot\beta = -\frac{\mathrm{J}c}{\mathrm{T}\left(\frac{dp}{d\mathrm{T}}\right)^2}, \qquad \cot\alpha = -\frac{\mathrm{J}c_1}{\mathrm{T}\left(\frac{dp}{d\mathrm{T}}\right)^2},$$

c_1 étant la capacité calorique à volume constant à l'intérieur de la courbe de saturation.

J'ai fait connaître (¹) la valeur de la différence $c - c_1$ en fonction de $\frac{\eta^2}{d\mathrm{T}}$; il suffit alors de remplacer ce quotient par la valeur qu'en donne la relation (1) pour retrouver l'équation (8) (*loc. cit.*, p. 163) de M. Bruhat.

PHYSIQUE. — *Sur le récepteur téléphonique auto-détecteur pointe-cristal ou pointe-métal.* Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. J. Violle.

I. Une tension électrique, appliquée aux bornes d'un contact *pointe-cristal* ou *pointe-métal*, produit un courant qui a pour effet d'engendrer, entre la pointe et le cristal ou le métal, une réaction élastique. Celle-ci provoque, à son tour, la déformation du système des corps en contact.

Un changement déterminé de la tension électrique entraîne une modification correspondante de la réaction élastique et de la déformation.

Ces deux effets sont solidaires du courant dont ils suivent fidèlement et sans retard les variations; leur importance dépend de la nature des corps en contact et de l'intensité du courant. Suivant les circonstances, ils peuvent présenter des écarts notables, se manifester avec force ou être inappréciables.

II. En 1913 j'observais, comme ont dû sans doute le faire beaucoup d'autres, que le détecteur à galène, placé dans des conditions convenables, rendait un son sous l'influence des émissions radiotélégraphiques du poste de la Tour Eiffel.

Je me suis proposé d'étudier ce phénomène et d'en amplifier les effets. M. Brazier voulut bien m'aider dans ce travail. Nous avons procédé à de nombreuses expériences, dont les résultats ont été présentés à l'Académie le 13 octobre 1913.

(¹) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1305 (dans une Note de M. Amagat).

Nous avons réalisé, sur ce principe, un détecteur chantant, haut parleur, composé d'une capsule de phonographe Pathé avec pavillon, dont la plaque vibrante porte une pointe s'appuyant sur le métal oxydé ou sur la galène, puis une sorte de téléphone, d'un maniement beaucoup plus commode.

Ces instruments, qui jouissent des propriétés du téléphone ordinaire à électro-aimant et sont auto-détecteurs, nous servent, depuis 1913, à recevoir les signaux radiotélégraphiques.

Sur mon conseil, M. Brazier poursuivit cette étude, que la guerre le força à interrompre, non sans avoir reconnu, en août 1914, que, lorsque l'on fait passer, à travers un contact, une pointe d'acier-galène sensible, un courant d'intensité croissante à partir de o, la différence de potentiel entre la pointe et la galène décroît d'abord progressivement, puis cesse brusquement de décroître, après avoir atteint une valeur légèrement supérieure à 1 volt, et se maintient constante dans des limites assez larges de variation de l'intensité.

III. Récemment M. Fallou (1) a apporté une contribution intéressante sur ce sujet. D'autre part, Mlle Collet (2) a annoncé que, dans un circuit parcouru par des ondes entretenues de haute fréquence, un microphone à charbon fait rendre au haut parleur pointe-galène un son renforcé et que la parole ou le chant sont reproduits avec une parfaite netteté.

Ce résultat remarquable me paraît se rattacher nettement au fait que le téléphone pointe-galène ou pointe-métal est auto-détecteur, et, par suite, capable de fonctionner dans les mêmes conditions que le téléphone à électro-aimant associé à un détecteur.

J'ai constaté, dans le circuit parcouru par un courant d'ondes entretenues de haute fréquence, de 30 milliampères environ d'intensité efficace, que la réception de la parole était nette, non seulement avec le téléphone pointe-galène, mais aussi avec le téléphone pointe-métal. Cette observation apparaît comme la conséquence directe des faits déjà constatés, le pouvoir rectifiant du contact pointe-métal étant bien établi puisqu'il permet de recevoir les signaux radiotélégraphiques sans le concours d'un détecteur ordinaire.

J'ai opéré aussi *en courant continu*. Par le jeu d'un commutateur inverseur, il est possible de déterminer à tout instant l'influence de la polarité,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1308.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1375.

aux bornes du contact pointe-galène ou pointe-métal, sur l'intensité du courant. Cette intensité dépend de la résistance du circuit et de la résistance du contact; celle-ci varie dans des limites étendues suivant les conditions du contact, elle peut atteindre et même dépasser une cinquantaine d'ohms. J'ai constaté que *le récepteur téléphonique pointe-galène reproduit fidèlement, et avec une perfection remarquable, le timbre de la voix*. Ici la détection n'intervient pas. On augmente le renforcement si l'on fait grandir l'intensité du courant.

Lorsque l'intensité devient trop forte, la netteté s'en ressent, la parole se voile et des grésillements se produisent. Des manifestations analogues ont lieu lorsqu'on augmente la force électromotrice. Dans le voisinage de 4 volts, avec un courant de l'ordre de 30 milliampères, on obtient de bons résultats. Avec une galène sensible, le son est plus renforcé lorsque l'afflux positif du courant va du cristal à la pointe que lorsqu'il chemine dans le sens opposé. Cela tient à ce que, dans le premier cas, l'intensité du courant est notablement plus grande que dans le second. Par exemple, toutes choses égales d'ailleurs, en renversant la polarité on obtient, dans un sens, puis dans l'autre : 30 et 4 milliampères, 65 et 6, puis 30 et 9, etc.

Le récepteur téléphonique pointe-métal substitué au précédent donne, dans les mêmes conditions, une réception aussi parfaite; toutefois, pour des intensités égales, le renforcement est moins accentué. On ne produit pas de différence notable dans le courant ou le renforcement sonore si, au moyen de l'inverseur, on change la polarité.

Conclusions. — Ces résultats ne contredisent pas les faits observés récemment par M. Fallou, sur les contacts métalliques, par Mlle Collet et M. Florisson [1] sur le contact rectifiant galène-métal. Ils conduisent à penser qu'un courant variable provoque deux effets distincts au contact des corps qu'il traverse. Le premier, qu'on pourrait appeler *effet de résonnance*, détermine une action élastique, dont la grandeur est liée à l'énergie mise en jeu. C'est ce phénomène qui donne à notre récepteur les propriétés du récepteur téléphonique ordinaire. Le second, qu'on pourrait appeler *effet rectifiant*, est caractérisé par un afflux positif de la pointe au métal ou, dans les cas de grandes énergies, de la pointe à la galène. Cet effet reste aussi mystérieux que celui observé sur la galène sensible, soumise à de faibles énergies; l'afflux positif chemine alors du cristal à la pointe.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 106.

PHYSIQUE. — *Correspondance des corps à l'état solide.* Note [1] de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Les surfaces caractéristiques des divers corps, construites en prenant pour unités spécifiques les constantes critiques, sont superposables; c'est cela qui constitue la loi des états correspondants. Ce n'est là toutefois, comme on sait, qu'une loi approchée : les surfaces s'emboîtent exactement dans la région du point critique, mais se séparent lorsqu'on s'en éloigne, et, dans la région du solide particulièrement, les écarts deviennent énormes.

On a généralisé la loi des états correspondants en faisant coïncider non plus les points critiques, mais des points homologues quelconques [2], et prenant comme unités spécifiques les coordonnées de ces points. On peut ainsi, en principe, obtenir une superposition parfaite des surfaces en une région choisie arbitrairement, quitte à renoncer à la coïncidence exacte des points critiques. En pratique, on se trouve arrêté par la difficulté de trouver des points homologues susceptibles d'être repérés avec précision. Cette difficulté n'est pourtant pas insurmontable, et M. Daniel Berthelot a signalé, dans la région du gaz, trois points pouvant remplacer le point critique comme centres de correspondance [3]. L'objet de cette Note est de montrer qu'il en existe un autre dans la région du solide, c'est-à-dire là où les écarts avec la loi ordinaire des états correspondants rendent l'usage d'un tel point particulièrement utile.

2. On connaît maintenant, pour un certain nombre de corps, les valeurs des chaleurs spécifiques aux très basses températures. Pour tous les corps étudiés, la chaleur spécifique C tend vers zéro quand la température T se rapproche du zéro absolu, et il en est de même de la dérivée $\frac{dC}{dT}$. Le quotient $\frac{C}{T}$ doit donc s'annuler pour $T = 0$, et comme il tend vers zéro pour $T\infty$, il passe nécessairement par un maximum. C'est ce maximum que nous allons utiliser comme centre de correspondance et qui, comme nous

---

[1] Séance du 19 juillet 1920.

[2] Curie, *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, t. 26, 1891.

[3] Daniel Berthelot, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 606; t. 130, 1900, p. 1379; *Journal de Physique*, 4e série, t. 2, 1903, p. 186.

allons le voir, peut jouer, pour l'état solide, un rôle analogue à celui que joue le point critique pour l'état fluide.

La figure ci-dessous représente les courbes représentatives de $\frac{C.A}{T}$ ($A =$ masse atomique) pour les cinq corps dont les chaleurs spécifiques aux basses températures sont connues avec le plus de certitude. On voit



que chaque courbe présente bien le maximum prévu. On remarque en outre que, par une circonstance heureuse, ce maximum est très accusé et qu'il est facile, par conséquent, de le repérer avec quelque précision.

3. Le Tableau ci-dessous contient, pour les cinq corps étudiés, les températures absolues T_M des points en question. Dans les colonnes suivantes, se trouvent les produits C.A aux températures T_M, $2T_M$, $3T_M$, $4T_M$. On voit qu'ils sont très sensiblement les mêmes pour les cinq corps. Les valeurs des produits C.A aux températures absolues 50 et 273, qui figurent à côté des précédentes, présentent entre elles des écarts beaucoup plus considérables.

	T_M.	$C.A_{T_M}$.	$C.A_{2T_M}$.	$C.A_{3T_M}$.	$C.A_{4T_M}$.	$C.A_{50}$.	$C.A_{273}$.	$S.A_{T_M}$.	$S.A_{2T_M}$.	$S.A_{3T_M}$.
Aluminium..	115	3,5	5,2	5,7	5,8	0,8	5,55	2,05	5,1	7,3
Argent.......	62	3,6	4,98	5,64	5,82	2,75	6,2	2,3	5,35	7,55
Cuivre.......	92	3,5	5,04	5,74	5,92	1,2	5,73	2,0	5,00	7,2
Plomb.......	26	3,6	4,94	5,44	5,7	4,9	6,26	2,0	5,25	7,4
Zinc.........	65	3,5	4,91	5,46	5,9	2,5	5,94	2,25	5,25	7,4

Ainsi, *la loi de Dulong et Petit n'est exacte qu'à condition de prendre les corps dans des états* CORRESPONDANTS, — *dans le nouveau sens que nous donnons ici à ce mot*, — *c'est-à-dire à des températures absolues proportionnelles aux températures* T_M. L'exactitude approchée de la loi de Dulong et Petit aux températures élevées est due à ce que les chaleurs spécifiques sont alors presque constantes. *Les courbes donnant le produit* C.A *en fonction de* T *coïncident dans toute leur longueur si l'on prend pour chaque corps, comme unité spécifique pour les abscisses, la température* T_M.

4. D'après le principe de Nernst, l'entropie de tout corps solide est nulle au zéro absolu. L'intégrale

$$S = \int_0^T \frac{C}{T}\,dT$$

est donc égale à l'entropie du corps à la température T.

Il résulte alors de ce qui précède que *les entropies atomiques, à des températures proportionnelles aux températures* T_M, *sont égales*. C'est bien ce que l'on a vérifié pour les températures T_M, $2T_M$, $3T_M$. Les petits écarts que l'on constate sont imputables, sans doute, aux difficultés de l'intégration graphique effectuée en partant de données peu nombreuses et peu précises, surtout aux basses températures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la glucosane.* Note de MM. **Amé Pictet** et **Pierre Castan**, présentée par M. Emile Bourquelot.

Gélis a observé en 1860 [1] que, lorsqu'on chauffe le glucose à 170°, il perd de l'eau et se convertit en une matière brune, amorphe, à peine sucrée, et qui n'est plus fermentescible. Il admit que cette matière était formée, pour la plus grande partie, d'un anhydride du glucose possédant la formule $C^6H^{10}O^5$, auquel il donna le nom de *glucosane;* mais il ne réussit pas à l'isoler à l'état de pureté.

Depuis lors, cet anhydride n'a été l'objet d'aucune nouvelle recherche. Nous en avons repris l'étude, et nous avons trouvé qu'on peut l'obtenir à l'état chimiquement pur, et même cristallisé, en modifiant légèrement les conditions de l'expérience de Gélis. Il suffit pour cela de ne chauffer le glucose qu'à la température de 150°-155°, et d'opérer sous une pression très réduite (15mm de mercure). Le dégagement de vapeur d'eau se fait

(1) *Comptes rendus*, t. 51, 1860, p. 331.

alors très régulièrement et sans qu'il y ait oxydation ni décomposition profonde; on obtient après refroidissement une masse solide et presque incolore, que l'on pulvérise et que l'on chauffe quelques instants avec de l'alcool absolu pour la débarrasser des traces de glucose qui auraient échappé à la déshydratation. Puis on la dissout dans de l'alcool méthylique absolu et on laisse la solution s'évaporer dans le vide à la température ordinaire. Il s'y dépose de petites paillettes incolores, fusibles à 108°-109°, qui constituent la glucosane pure.

L'analyse et la cryoscopie leur assignent la formule $C^6H^{10}O^5$. Le rendement atteint 92 centièmes de la quantité théorique.

La glucosane attire avec avidité l'humidité de l'air et s'y liquéfie, mais sans se retransformer en glucose. Elle n'est pas distillable sans décomposition, même dans le vide. Elle est extrêmement soluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool méthylique et dans l'acide acétique, peu soluble dans l'alcool éthylique et insoluble dans les autres dissolvants organiques. Elle est dextrogyre; son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, est un peu plus élevé que celui du glucose, et égal à $+69°,8$ pour une concentration de 3,84 pour 100. Sa saveur est amère. Sa molécule contient 3 oxhydriles alcooliques (dérivé tribenzoylé). Elle réduit la liqueur cupro-potassique, mais ne rougit pas la solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux.

La propriété la plus remarquable de la glucosane réside dans la facilité avec laquelle elle forme des produits d'addition avec les composés les plus divers. Chauffée quelques instants à l'ébullition avec de l'eau, elle se retransforme en glucose droit. Les acides chlorhydrique et bromhydrique concentrés la dissolvent avec dégagement de chaleur; par évaporation dans le vide, on obtient des corps halogénés qui sont très probablement un chloroglucose et un bromoglucose.

La glucosane se dissout plus abondamment dans l'alcool méthylique saturé de gaz ammoniac, que dans l'alcool méthylique pur. Sa solution abandonne, par évaporation dans le vide, un corps cristallisé, de nature basique, mais qui n'est identique ni à la glucosamine, ni à l'isoglucosamine.

Dissoute dans l'alcool méthylique saturé de gaz chlorhydrique, la glucosane se convertit intégralement en méthylglucoside α. Enfin, elle donne à la température ordinaire avec le bisulfite de soude un produit d'addition en petites aiguilles incolores.

Ces réactions distinguent nettement la glucosane de son isomère la lévoglucosane. Elles sont, en revanche, en tous points semblables à celles que donne l'oxyde d'éthylène. Il paraît naturel d'attribuer ce fait à une analogie

de constitution et de penser que la déshydratation pyrogénée du glucose α donne lieu à la formation d'une chaîne fermée, contenant deux atomes de carbone et un d'oxygène. Cette supposition s'est trouvée vérifiée par l'expérience suivante :

Nous avons dissous, d'une part une molécule de glucosane dans de l'alcool méthylique absolu, d'autre part un atome de sodium dans le même dissolvant, et nous avons mélangé les deux solutions. Il se forme un volumineux précipité blanc, qui ne peut être autre chose que le composé sodique d'un monométhylglucose. Après une rapide filtration à la trompe, nous avons dissous ce précipité dans de l'acide sulfurique très étendu, neutralisé l'excès d'acide par addition de carbonate de soude et évaporé le tout à sec au bain-marie. En reprenant le résidu par l'alcool méthylique, et faisant évaporer de nouveau dans le vide, nous avons obtenu un sirop incolore, qui n'a pas cristallisé jusqu'ici, mais qui ne saurait être qu'un méthylglucose.

Or ce corps réduit très facilement la liqueur cupro-potassique, mais il ne fournit pas d'osazone lorsqu'on le traite, dans les conditions habituelles, par la phénylhydrazine. Sa constitution ne peut donc être exprimée que par la formule I, ce qui conduit à la formule II pour la glucosane (cela indépendamment de toute considération d'ordre stéréochimique) :

$$\begin{array}{l} CH^3 - O - CH \text{———} CHOH \\ \qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\quad | \\ \quad HO - CH - O - CH - CHOH - CH^2OH. \end{array}$$

I.

$$\begin{array}{l} \quad\diagup CH \text{———} CHOH \\ O \quad | \qquad\qquad\quad | \\ \quad\diagdown CH - O - CH - CHOH - CH^2OH. \end{array}$$

II.

Nous poursuivons l'étude des produits d'addition de la glucosane, et nous espérons en tirer des indications précises sur la configuration des glucoses α et β.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydratation catalytique des nitriles.*

Note [1] de **M. A. Mailhe**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que l'on peut préparer les nitriles par catalyse d'un mélange d'un acide et de gaz ammoniac, au contact d'un catalyseur déshydratant tel que la thorine ou l'alumine. La même réaction se produit également avec les

(1) Séance du 19 juillet 1920.

éthers-sels, dans lesquels le groupe CO perd son atome d'oxygène qui forme de l'eau avec le gaz ammoniac.

Or, si un catalyseur permet d'accélérer la vitesse d'une réaction, il accélère aussi la réaction inverse. On pouvait donc penser que les nitriles subiraient l'hydratation catalytique au contact de thorine ou d'alumine et se transformeraient ainsi en acides :

$$RCN + 2\,H^2O = R\,CO^2H + NH^3.$$

C'est en effet ce que l'expérience m'a démontré.

1° *Benzonitrile.* — Lorsqu'on dirige dans un tube contenant de la thorine, chauffée vers 420°, un mélange de vapeur d'eau et de vapeurs de benzonitrile, on constate à la sortie un dégagement abondant de gaz ammoniac. Le liquide condensé est formé d'une couche aqueuse et d'un produit surnageant, constitué en majeure partie par du benzonitrile non transformé. Si on le sépare de la couche aqueuse, celle-ci, qui est alcaline au tournesol, abandonne, après saturation par l'acide chlorhydrique, des paillettes blanches, nacrées, fondant à 121°. Elles sont constituées par de l'*acide benzoïque.*

Le nitrile s'est donc hydraté *instantanément* au contact du catalyseur suivant la réaction

$$C^6H^5CN + 2\,H^2O = C^6H^5CO^2NH^4,$$

dont une portion s'est dédoublée en libérant du gaz ammoniac.

Le nitrile non transformé peut être hydraté en le dirigeant de nouveau avec de l'eau sur la thorine, et cela jusqu'à ce qu'il soit changé totalement en acide benzoïque.

L'alumine réagit comme la thorine ; mais, en raison de sa légèreté, elle est entraînée en grande partie par la vapeur d'eau.

2° *Nitrile métatoluique.* — Les vapeurs de métatolunitrile, bouillant à 210°, dirigées en même temps que la vapeur d'eau sur la thorine, chauffée à 420°, fournissent un dégagement de gaz ammoniac. L'eau recueillie, saturée par l'acide sulfurique, laisse déposer immédiatement des cristaux fondant à 109°-110°. C'est l'*acide métatoluique.* Le liquide surnageant l'eau, soumis à la rectification, abandonne du tolunitrile non transformé ; mais le thermomètre monte au-dessus de 210°, et vers 240°, le produit qui passe à la distillation se prend en cristaux fondant à 110°. C'est de l'acide métatoluique qui avait été dissous par le nitrile.

3° *Nitrile paratoluique.* — Dans les mêmes conditions que le précédent,

le paratolunitrile, qui bout à 217°, fournit, par action de la vapeur d'eau sur la thorine, un liquide aqueux ammoniacal qui, saturé par de l'acide chlorhydrique, abandonne instantanément un abondant précipité blanc d'*acide paratoluique*, fondant à 177°. Le liquide, non miscible avec l'eau, qui contient un peu de liquide inchangé, additionné d'acide chlorhydrique, laisse déposer aussi des cristaux d'acide toluique para.

4° *Nitrile naphtoïque* β. — Le nitrile β-naphtoïque est solide et fond à 65°. Dissous dans un peu d'alcool, et la solution entraînée ensuite avec de la vapeur d'eau sur la thorine ne fournit qu'un dégagement faible de gaz ammoniac. Mais la liqueur aqueuse obtenue par condensation, additionnée d'acide chlorhydrique, fournit des cristaux qui fondent à 140°-145°. Ils sont constitués par un mélange d'*acide naphtoïque*, fusible à 160°, et de naphtonitrile qui, étant resté en émulsion dans l'eau, s'est solidifié. C'est le mélange de ces deux corps qui n'a pas un point de fusion fixe.

5° *Nitrile phénylacétique*. — Ce nitrile, entraîné sur la thorine avec de la vapeur d'eau, produit un dégagement de gaz ammoniac. Le liquide aqueux, décomposé par HCl, ne donne rien. Mais si on l'agite avec de l'éther, celui-ci décanté laisse déposer, après évaporation, des lamelles brillantes, acides, fondant à 76°; c'est l'*acide phénylacétique*.

Le liquide qui surnage l'eau, rectifié, abandonne d'abord du nitrile non transformé, et le thermomètre monte jusqu'à 330°. Dans cette dernière portion, le réactif de Kutscheroff donne une réaction identique à celle de la dibenzylcétone. Cette dernière a dû se former en petite quantité aux dépens de l'acide formé par hydratation.

6° *Nitrile hydrocinnamique*. — Hydraté sur thorine à 420°-440°, il fournit un liquide aqueux ammoniacal, qui, après saturation par HCl, a été agité avec de l'éther. La solution éthérée, décantée et évaporée, fournit des cristaux fondant à 47°. C'est l'*acide hydrocinnamique*.

7° *Nitrile caproïque*. — A 380°, le nitrile caproïque s'hydrate et fournit l'acide caproïque, donnant nettement un sel avec la potasse.

On voit qu'il est possible de transformer facilement les nitriles en acides correspondants, par hydratation directe par voie sèche, à l'aide de la vapeur d'eau, à une température d'environ 420°. Dans toutes ces expériences, j'ai employé le même catalyseur. La rapidité du passage du nitrile fait qu'il en reste une certaine quantité non transformée; mais comme il est aisé de le récupérer par condensation, il pourra être, en définitive, entièrement changé en acide.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un niveau fossilifère dans l'argile des Flandres, à Watten (Nord).* Note [1] de M. G. **Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les couches sableuses ou argilo-sableuses qui constituent la partie supérieure de l'étage Yprésien dans le nord de la France et en Belgique sont généralement riches en fossiles : le couple *Nummulites planulatus-elegans* et les Turritelles y abondent.

Au contraire, les fossiles sont toujours très rares dans l'épaisse masse d'argile compacte qui, dans les Flandres, représente tout l'étage Yprésien, sans qu'il soit possible, le plus souvent, d'y distinguer les zones reconnues par Gosselet au nord et à l'est de Lille. En France, l'argile des Flandres pure, compacte, n'a fourni jusqu'à présent des fossiles qu'à Bailleul, à Hazebrouck et à Marck (près de Calais).

M. Flahault [2] a observé autour de Bailleul des affleurements de glaise dans laquelle il a recueilli, outre d'autres fossiles, des Turritelles, un *Pecten* « corné, lisse et très fragile »; il n'y a pas trouvé une seule Nummulite.

Un forage a traversé à Hazebrouck [3] un banc d'argile bleuâtre compacte riche en fossiles parmi lesquels on peut remarquer *Nummulites planulata*, des Turritelles et « *Pecten corneus*, Sow. » (M. Cayeux attribue cette couche au Panisélien). Plus bas, le forage a traversé des bancs contenant tantôt des Nummulites, tantôt d'autres fossiles parmi lesquels des Turritelles, des Lamellibranches, des Foraminifères.

A Marck, un forage a traversé un lit fossilifère constitué par une argile plastique gris verdâtre parcourue de veinules de sable fin. Le sable contenait des Turritelles et des Nummulites, tandis que dans l'argile M. Leriche a reconnu *Pholadomya margaritacea* Sow., de l'argile de Londres [4].

J'ai découvert récemment un niveau fossilifère dans l'argile des Flandres à Watten dans une argilière ouverte sur le flanc occidental du mont et alimentant une tuilerie voisine. Il est épais de $0^m,50$ environ et ne se distingue par aucun caractère lithologique du reste de la masse argileuse; c'est une belle argile grise compacte dépourvue d'éléments sableux. Le banc est à 4^m environ au-dessus du sol de la carrière, situé lui-même à 6^m environ audessus des rives de l'Aa, lesquelles sont à l'altitude 6^m. La couche fossili-

(1) Séance du 12 juillet 1920.

(2) Flahault, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 42, 1913, p. 24-25.

(3) Cayeux, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 17, 1890, p. 272-283.

(4) Leriche, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 34, 1905, p. 32.

fère est donc à l'altitude 16^m environ. Les couches sableuses qui couronnent l'argile yprésienne au sommet du mont de Watten débutent à l'altitude de 60^m environ. Le niveau fossilifère étudié est donc éloigné de 40^m-45^m du contact des couches sableuses et de la masse argileuse.

J'y ai reconnu les espèces suivantes :

Pecten corneolus Wood. — Cette espèce est de beaucoup la plus abondante; elle est fréquente dans l'argile de Londres, et connue dans les sables de Cuise, dans les sables de Mons-en-Pévèle, dans l'argile d'Ypres de certaines localités belges. Elle a été signalée à Bailleul et à Hazebrouck (sous le nom de *P. corneus*).

Avicula papyracea J. Sow. — Variété différant de la forme typique, commune dans l'argile de Londres, par sa taille exiguë. Très commune à Watten, elle forme des lits dans lesquels elle se présente écrasée et souvent déformée.

Syndosmya splendens J. Sow. — Connue dans l'argile de Londres.

Syndosmya suessoniensis Deshayes. — Connue dans les sables de Cuise.
Cythera sp.
Thracia (nov. sp.?).
Leda sp.

Turritella sp. — Un fragment indéterminable.

Cristellaria cultrata Montfort. — Ce petit Foraminifère rare à Watten a été signalé dans l'argile des Flandres du forage d'Ostende [1] (sous le nom de *C. calcar* L., forme voisine, ou identique à *C. cultrata*).

Il faut y ajouter une petite dent de Squale, vraisemblablement de *Lamna Vincenti* Woodward, et des débris d'écailles de Téléostéen que je n'ai pu conserver et qu'il y a lieu de rapporter à *Halecopsis insignis* Delvaux et Ortlieb.

Malgré de longues recherches, je n'ai pu découvrir aucune Nummulite.

Cette faune diffère de celle des zones fossilifères de Bailleul par sa pauvreté en Turritelles. Elle diffère également de la faune de l'argile de Roubaix et des sables de Mons-en Pévèle par sa pauvreté en Turritelles et son manque absolu de Nummulites. Cette absence de Nummulites paraît,

---

[1] DEWALQUE, *Bull. Ac. Roy. Belg.*, 2e série, t. 15, n° 1, 1863, p. 27-28.

comme à Bailleul et comme à Marck dans les lits à *Pholadomya margaritacea*, liée au facies argileux dominant du sédiment.

La faune de l'argile de Watten est d'ailleurs constituée comme à Marck, par des espèces de l'argile de Londres et des espèces des sables de Cuise. Elle confirme encore une fois l'identité stratigraphique de l'argile de Londres, des sables des Cuise et de l'argile des Flandres.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques végétaux silicifiés des environs de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace).* Note (1) de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La localité du Val d'Ajol (Vosges) est depuis longtemps célèbre pour les végétaux à structure conservée qu'on y a recueillis. Dès 1885, Bernard Renault a reconnu parmi ces fossiles d'âge permien : *Calamodendron*, *Calamites gigas*, *Sphenophyllum angustifolium*, *Psaronius*, *Callipteris conferta*, *Medullosa stellata* et *Cordaites* (2). Plusieurs localités de la vallée de Villé (Bas-Rhin) et des environs de Sainte-Marie-aux-Mines ont également fourni des fragments de plantes silicifiées de même âge (3). Vers 1880, l'abbé N. Boulay a découvert près de Sainte-Marie, au lieu dit *Blumenthal*, quelques silex dont certains présentent un grand intérêt scientifique. D'après l'examen de nombreuses lames minces, nous signalerons dans ces silex :

1. Des racines de *Psaronius* à étoile ligneuse comptant cinq faisceaux; une stèle et des sporanges annelés (genre *Pteridotheca*) de *Filicinées*, en parfait état de conservation.

2. Un pétiole de *Medullosa*, ne mesurant que 8^{mm} de diamètre, à faisceaux scléreux hypodermiques semblables à ceux du *Myeloxylon Landrioti* Renault, à nombreux canaux gommeux et faisceaux ligneux à bois centripète bien développé.

---

(1) Séance du 19 juillet 1920.

(2) B. Renault in Ch. Vélain, *Le Permien de la région des Vosges* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. 13, 1885, p. 538-539).

(3) A. Mougeot, *Note sur les végétaux fossiles du Grès Rouge* (*Congrès scientifique de France*, XVIIe session tenue à Nancy, sept. 1850, t. 1, 1851, p. 240); *Essai d'une flore du Nouveau Grès Rouge* (*Ann. Soc. d'Emulation du departement des Vosges*, t. 7, 1851, p. 187).

A côté de ce pétiole, dans la même coupe, des feuilles larges de 3^{mm} à 5^{mm}, à bords recourbés, à cellules de l'assise palissadique de taille relativement élevée; l'épiderme inférieur de ces feuilles porte de longs poils pluricellulaires et montre sur certaines coupes tangentielles, des stomates épars entre les nervules plusieurs fois dichotomes. Les cellules stomatiques réniformes sont recouvertes par six cellules de bordure, constitution qui rappelle assez bien celle des stomates chez certaines *Cycadées* (*Macrozamia Denisonii*, par exemple) [1]. Des grains de pollen, dont il va être question, sont logés dans des dépressions du limbe, comprises entre les ultimes divisions des nervures. La structure de ces feuilles ressemble à celle des feuilles que B. Renault a rapportées au genre *Alethopteris*, dont les pétioles sont du type *Myeloxylon* [2].

3. Des feuilles de *Cordaitales*, à hypoderme très scléreux, à faisceaux diploxylés; dans leur voisinage, des radicelles, dont le diamètre ne dépasse guère 1^{mm}, possèdent généralement deux faisceaux ligneux, un endoderme net, à épaississements latéraux semblables à ceux des racines de *Taxus*, une écorce à parenchyme non différencié, une assise de cellules périphérique à membrane externe épaissie, subérifiée ; somme toute, une structure d'*Amyelon* (*A. radicans* Williamson) [3]. D'autres racines plus âgées montrent, entourant le bois primaire, des séries radiaires de bois secondaire.

4. Des organes foliaires minuscules (largeur $= 1^{mm}$), à bords révolutés, dont l'assise palissadique est très développée et occupe presque toute l'épaisseur du limbe. Deux petites feuilles offrent des grains de pollen dans des sacs qui sont disposés symétriquement de part et d'autre de la nervure médiane et qui sont protégés par le bord recourbé du limbe; la plupart de ces feuilles, vraisemblablement fertiles (étamines), ont perdu leur pollen.

Les grains de pollen ressemblent à ceux des *Cordaites*, ont leur forme ovoïde, une exine très fine et délicatement réticulée ; une masse cellulaire centrale est nettement délimitée par l'intine ; de chaque côté de cette masse médiane, l'exine nous a paru, dans beaucoup de grains, constituer deux

---

(1) Ch. Hamshaw Thomas and Nellie Bancroft, *On the cuticles of some recent and fossil Cycadean fronds* (*The Transactions of the Linnean Society of London*, 2e série, *Bot.*, t. 8, 1913, p. 169, fig. 15).

(2) B. Renault, *Cours de Botanique fossile*, 3e année, t. 3, 1883, p. 159, pl. XXVII, fig. 8.

(3) Cf. T. G. B. Osborn, *The lateral roots of Amyelon radicans Will., and their Mycorhiza* (*Annals of Botany*, t. 23, 1909, p. 604-611 ; pl. XLVI, XLVII).

ballonnets ou ailes, comme on en remarque chez certaines *Abiétacées* (g. *Pinus*, g. *Abies*) ou quelques *Podocarpées* (g. *Podocarpus*). L'espace central délimité par l'intine semble parfois cloisonné et subdivisé en plusieurs cellules. Ces grains de pollen, dont le grand axe mesure au maximum 60^{μ} et le petit axe 40^{μ}, sont plus petits que les grains des *Cordaites*, tels qu'ils nous sont connus par les Ouvrages de B. Renault et de M. A. C. Seward ([1]). Il convient de signaler la ressemblance de certains grains, vus de face, avec d'autres que contient la chambre pollinique du *Stephanospermum akenioides* Brongt ([2]). Rappelons aussi que M. Seward a découvert des grains de pollen à deux ailes dans une tige fossile, provenant de la Terre Victoria du Sud, et qu'il a nommée *Antarcticoxylon Priestleyi*, soulignant les affinités de cette tige avec les *Araucarinées* actuelles et certaines *Cordaitales* paléozoïques ([3]). La partie supérieure de la série du *grès de Beacon*, qui a fourni ces fossiles et dont l'âge est contesté (fin du paléozoïque ou mésozoïque inférieur?), peut très bien appartenir au *Permien*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité et nature de la pélorie de* Digitalis purpurea *L.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

G. Vrolik a décrit (1842) une curieuse anomalie héréditaire de la Digitale cultivée (*D. purpurea*, var.); répandue dans les jardins botaniques et les cultures, elle s'est maintenue par le semis comme le prouvent de nombreuses observations concordantes ([4]). L'espèce *Digitalis purpurea* est dichogame protérandre, adaptée à la fécondation croisée par les insectes et presque autostérile [Darwin (1877), Ludwig (1885)]; aussi est-il fort difficile de s'assurer que la monstruosité, moins féconde que le type, est complètement héréditaire.

J'étudie, depuis 1908, l'hérédité de cette anomalie; elle consiste dans la

---

([1]) B. Renault, *Cours de Botanique fossile*, t. 1, 1881, p. 96, 97; pl. XIV, fig. 6. — A. C. Seward, *Fossil plants*, t. 3, 1917, p. 269, 270; fig. 482.

([2]) Cf. H. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., 1909, p. 458, 459; fig. 173 et 174.

([3]) A. C. Seward, *Antarctic fossil plants;* British Museum (Natural History). *British Antarctic «Terra Nova» expedition*, 1910, *Natural history report. Geology*, t. 1, 1914, p. 17-24; pl. IV-VIII).

([4]) Schlechtendal (1851), Caspary (1860), Suringar (1865), Braun (1873), etc.; Hoffmann (1885) l'a cultivée durant trois générations; Cf. O. Penzig, *Pflanzenteratologie*, t. 2, p. 209.

production de fleurs régulières, dressées, campanuliformes, à l'extrémité des axes et des rameaux, fleurs qui s'épanouissent d'abord, alors que toutes les fleurs latérales se comportent comme celles de la Digitale ordinaire, pendantes, à floraison échelonnée de bas en haut. En 1910, j'ai croisé une plante à pélorie axiale (corolle blanche à 16 lobes, 16 étamines et 6 carpelles), aussi régulière que possible et récessive probable quant à la couleur des fleurs, avec un *Digitalis purpurea* L. à fleurs pourpres, prélevé dans une colonie sauvage et homogène des coteaux qui dominent la Mayenne à Juigné (Maine-et-Loire). Les fécondations croisées et réciproques furent réalisées au Laboratoire de Physique végétale de Meudon, où l'expérience est poursuivie en évitant l'introduction d'autres Digitales pourpres.

La première génération (1912-F_1) renfermait 122 individus, sans pélorie ni fascie, tous à fleurs rouges, de tons variables toutefois. La pélorie réapparut à la deuxième génération (1914-F_2) avec 124 plantes normales pour 25 pélorées, soit 17 pour 100; les fleurs offraient une grande variété de coloris allant du pourpre au blanc pur. Les fleurs pélorées sont stériles; j'isolai dix inflorescences à pélorie terminale avec 10-12 fleurs latérales fertiles, mais je n'obtins aucune graine. Pour continuer l'expérience, en 1918 (F_3), j'utilisai les graines provenant de fruits fécondés par les insectes; la troisième génération fleurit en 1919 et 1920, permettant d'analyser le caractère complexe de l'anomalie :

1° *Couleur des fleurs* (F_3). — Trois plantes : N_1, normale à fleurs rouges; P_2, pélorée rose; P_3, pélorée blanche, ont donné respectivement les individus à fleurs :

	Rouges.	Roses.	Blanches.	Total.
N_1 (rouge).............	12	57	7	76
P_2 (rose)................	6	67	14	87
P_3 (blanc)...............	11	26	17	54

Les variations graduées des teintes des fleurs montrent que la pélorie blanche était hétérozygote et il ne faut pas s'attendre à la vérification numérique des lois de Mendel; de plus, les tons pâles, roses et blancs sont plus fréquents dans la descendance des plantes pélorées; les pélories franchement rouges sont très rares (2 pour 20), *indices d'une liaison* entre la couleur pâle et la pélorie.

2° *Pélories et fascies*. — Les pélories sont peu nombreuses mais existent dans chaque descendance qui renferme, de plus, *un grand nombre d'individus à tiges fasciées* ou tordues, anomalies que ne présentaient pas les ascendants. Pour les mettre en relief, j'ai mesuré la compacité [1] (écartement moyen des 20 fruits inférieurs) des grappes principales :

---

[1] Selon le procédé exposé dans L. Blaringhem, *Mutation et traumatismes*, 1907, p. 111.

F_3.	Normales.			Fasciées.	Péloriées.
Compacité	4-5	6-7	8-10	11-25	∞
N_1	33	17	9	12	5
P_2	28	21	10	19	9
P_3	17	13	11	7	6

La fréquence relative des grappes lâches, compactes, fasciées et enfin péloriées est régulièrement graduée dans les trois descendances. Il n'y a pas de doute que *la compacité élevée et la fascie ne traduisent l'hérédité atténuée de la pélorie terminale des axes.*

3° *Fleurs annexes stériles.* — Les corolles campanuliformes dressées ont de 8 à 20 lobes; les étamines sont moins nombreuses (4 à 18) et les carpelles encore moins (3 à 7); par contre, les bractées vertes et les sépales sont en nombre double, parfois triple, de celui des lobes corollaires et portent à leur aisselle des languettes pétaloïdes, étalées ou roulées en cornets, ou même soudées par leurs bords aux bractées. Toutes ces pièces annexes sont stériles; par contre, les fleurs soudées, dispersées çà et là sur les axes fasciés ou tordus, sont fertiles. Enfin, je signale 4 plantes (3 issues de P_2, 1 de P_3) non péloriées ni fasciées, à fleurs roses, courtes, dressées et portées sur des pédoncules quatre à six fois plus longs que les sépales, à étamines toutes vides et à ovaires presque stériles (19 sur 20) malgré l'apport répété de pollen normal; ce sont des *nova.*

4° *Variations de croissance.* — Les plantes des trois descendances (F_3) sont très irrégulières de taille (30^{cm}-200^{cm}), de vigueur, de précocité. Les plantes péloriées sont basses et précoces; l'épanouissement des fleurs terminales précède celui des fleurs latérales et arrête la croissance des axes. J'ai observé un seul individu (issu de P_2) portant *une première grappe compacte* ($D = 10$), conique, *surmontée par une seconde grappe identique*, comme si la fleur péloriée qui aurait dû se développer à son sommet s'était épanouie en une grappe complète et normale de Digitale pourpre.

En résumé, la pélorie de *Digitalis purpurea* est un cas extrême de fascie régularisée et héréditaire; dans son croisement avec *D. purpurea* sauvage, la grappe normale domine la fascie avec retours partiels et gradués sur les descendants de 2e et 3e générations. La stérilité partielle d'individus ou de fleurs doit être notée.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* — Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Un travail assez récent de Carano fait table rase de toutes les observations antérieurement publiées, sur l'embryogénie des Composées, par Fleis-

cher, Hegelmaier, Mottier, Schwere et Merrel [1]. Il était indispensable de savoir jusqu'à quel point l'auteur italien pouvait avoir raison contre tous ses devanciers et de déterminer comment les faits qu'il a mis en lumière pouvaient se rattacher à ceux qu'a déjà révélés l'histoire du développement embryonnaire dans un certain nombre d'autres familles.

Carano, en outre, signale, entre les espèces qu'il a étudiées (*Bellis perennis* L., *Calendula arvensis* L., *Helianthus annuus* L., *Cichorium Intybus* L.), des différences importantes dans l'origine des tissus à l'extrémité radiculaire, dans le mode de construction du suspenseur et dans le nombre des assises qui se différencient aux dépens de la partie cotylée. Ces différences ne permettent pas de mesurer le degré de généralité des règles du développement, d'établir un type auquel on puisse aisément ramener les formes divergentes offertes par la famille.

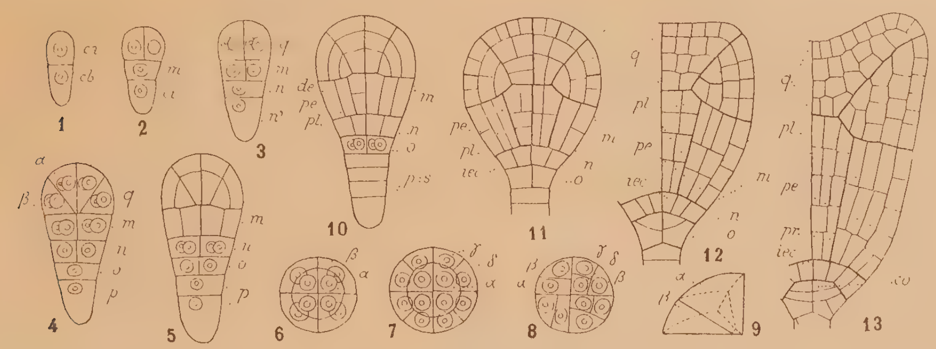


Fig. 1 à 13. *Senecio vulgaris* L. — Figures schématiques montrant les principales étapes du développement de l'embryon : *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire, et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants ou partie cotylée; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *s*, suspenseur; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce; *co*, coiffe; α et β, cellules filles d'un quadrant; γ et δ, cellules filles de β (en 7) ou de α (en 8). En 6, 7 et 8, coupes transversales de l'étage *q* au stade de la figure 4 et au stade immédiatement suivant. En 9, schéma montrant la position la plus générale de la cloison dans un quadrant.

L'embryon du *Senecio vulgaris* L. semble réaliser ce type général; il s'édifie, dans les premiers stades, selon les lois théoriques qui président aux segmentations du proembryon chez les Angiospermes. L'histoire de son développement reproduit presque exactement celle de l'*Helianthus*. Elle confirme, en même temps, les faits essentiels de l'embryogénie des

(1) Voir E. Carano, *Ricerche sull'embryogenesi delle Asteracee* (*Annali di Botanica*, t. 13, 1915, p. 251).

Composées : 1° la non-formation des octants; 2° l'édification de l'hypocotyle aux dépens de la cellule basale du proembryon bicellulaire.

La tétrade et le proembryon octocellulaire (*fig.* 1, 2, 3) se constituent comme chez le *Myosurus* [1]. Le proembryon à seize cellules (*fig.* 4) se produit par bipartition des éléments du proembryon octocellulaire. La règle générale se trouve appliquée en ce qui concerne les segmentations des trois étages inférieurs; mais dans l'étage supérieur *q*, il ne se forme pas de cloison horizontale, la paroi de segmentation est oblique, elle prend insertion sur le milieu de la paroi périphérique et vient tomber, au voisinage de l'axe, sur la paroi horizontale inférieure (*fig.* 4, 6 et 9). Parfois cette cloison s'insère sur l'axe, se rapprochant ainsi de la direction horizontale; dans d'autres cas, sa direction est verticale, parallèle à l'une des deux parois méridiennes (*fig.* 8).

Les quadrants apparaissent ainsi divisés, à ce stade, en deux éléments de forme et de dimensions dissemblables : l'un, plus grand généralement, de section quadrangulaire, adjacent à l'axe, l'autre plus petit, de section triangulaire, extérieurement placé. Ces deux éléments rappellent les deux demi-octants qui se forment dans les octants supérieurs chez le *Myosurus;* on peut les désigner par les mêmes lettres α et β (*fig.* 4 à 9).

Chez le *Senecio*, comme chez toutes les Composées, et contrairement à ce qui se produit chez les autres Angiospermes examinées jusqu'ici, les quadrants n'engendrent donc pas des octants; ils jouent directement le rôle des octants supérieurs. L'embryon à seize cellules du *Senecio* exprime, de la manière la plus exacte, la loi générale signalée au sujet du *Sagittaria* [2], à savoir que le nombre des éléments d'un étage est égal à la somme des éléments des étages inférieurs. Dans le cas du *Sagittaria*, comme on sait, la loi n'est vraie qu'à la condition de considérer comme faisant partie d'un même étage l'ensemble des huit octants; chez cette dernière espèce, le proembryon à seize cellules présente six étages, il en comprend seulement cinq chez le *Senecio*. Les destinées et les processus des segmentations de ces cinq parties de l'édifice proembryonnaire seront exposés ultérieurement.

---

(1) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. France*, t. 58, 1911, p. 631).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Alismacées. Développement du proembryon chez le* Sagittaria sagittæfolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 716).

BOTANIQUE. — *Sur les canaux secréteurs gommifères des racines de Cycadacées, et plus particulièrement ceux du* Stangeria paradoxa *T. Moore*. Note de M. F. **Chifflot**, présentée par M. Guignard.

Les traités de botanique les plus récents, et à quelque nation qu'ils appartiennent, en parlant des canaux secréteurs des Cycadacées, résument la question à l'aide de l'une ou l'autre des deux phrases suivantes : « La tige contient dans son écorce et dans sa moelle un grand nombre de canaux sécréteurs, dont la *racine est dépourvue* » ou bien : « les Cycadacées renferment des canaux sécréteurs dans l'écorce de leur tige et le parenchyme de leurs feuilles. ».

Dans un certain nombre de travaux, Matte [1] qui a étudié l'anatomie des plantules chez quelques genres de cette famille, affirme les faits suivants. Dans la racine principale des plantules des genres *Ceratozamia* et *Zamia*, les canaux gommifères se rencontrent dans la radicule, disposés en un cercle *cortical*, et s'avancent jusqu'aux deux tiers de leur extrémité.

Chez les genres *Dioon*, *Cycas*, *Encephalartos*, les canaux gommifères de la tige et de l'axe hypocotylé pénètrent dans la racine, mais ne s'écartent jamais de leur base.

Faute de matériaux jeunes, nous n'avons pu vérifier les assertions de Matte; mais nous avons étudié les racines et les radicelles des genres et espèces ci-après : *Ceratozamia mexicano* Brg. α *C. robusta* Miq; *Cycas revoluta* Thb, *C. circinalis* α, et *C. Micholitzii* Dyer; *Macrozamia spiralis* Miq. *Zamia muricata* Walp; *Dioon edule* Ldl.; *Encephalartos Altensteinii* Lehm. et *E. horridus* Lehm var. *trispinosus* Hort. *Stangeria paradoxa* T. Moore et *Bowenia spectabilis* Hoock.

Sauf dans les racines et radicelles de *Stangeria paradoxa* T. Moore, nous n'avons jamais trouvé de canaux gommifères.

Cette dernière plante déjà curieuse par la présence, dans ses feuilles, de folioles à nervures dichotomes qui l'a fait appeler autrefois *Lomaria coriacea* Kzc., doit de plus en plus, par la présence de canaux sécréteurs gommifères dans ses racines, former un groupe spécial chez les Cycadacées.

La plante, sur laquelle nous avons étudié l'appareil radiculaire, est formée d'un tronc assez court et de 18^{cm} de diamètre que surmontent sept à huit feuilles pennées. Du tronc, partent un groupe de grosses racines qui peuvent atteindre près de 20^{mm} de

---

(1). H. Matté : α. *Recherches sur l'appareil libéroligueux des Cycadacées* (*Thèse de Doctorat*, 1904); β. *Note préliminaire sur la germination des Cycadacées* (*A. F. A. S.*, 1907, Reims, p. 430-433); γ. *Sur le développement morphologique et anatomique de la germination des Cycadacées*, 1908.

diamètre, avec un grand nombre de radicelles de tous ordres. Les radicelles ultimes peuvent donner naissance à des formations coralloïdes, superficielles ou profondes, comme on en rencontre chez la plupart des autres Cycadacées, sauf peut-être chez les *Zamia*. Des coupes transversales de jeunes radicelles ne montrent pas encore, ni dans le parenchyme cortical, ni dans le cylindre central, de canaux gommifères. Dans des radicelles de 2^{mm} de diamètre qui peuvent être tantôt bi, tantôt tripolaires ([1]), les formations péridermiques péricycliques sont hâtives, ainsi que les formations libéro-ligneuses secondaires. Celles-ci, très indépendantes, sont séparées par de larges rayons médullaires. Si la racine est tripolaire, il existe, au-dessus des faisceaux libéro-ligneux secondaires, et placés symétriquement, six canaux sécréteurs gommifères. Ces canaux sont donc toujours endocèles, comme l'expriment Van Tieghem et Costantin ([2]) pour d'autres plantes.

Dans des racines plus âgées (5^{mm} de diamètre), binaires ou ternaires, les formations secondaires sont très accentuées; le bois secondaire forme un anneau, presque continu, avec un nombre de pôles libériens variable. Les canaux gommifères sont disposés sur au moins deux rangs, sans régularité; des anastomoses peuvent s'effectuer, soit tangentiellement, soit radialement, entre 2, 4 et 5 canaux gommifères, formant ainsi, dans le parenchyme secondaire, un arc gommifère très visible à l'œil nu, comme d'ailleurs les canaux eux-mêmes.

De très grosses racines, 15 à 20^{mm} de diamètre, montrent un nombre plus grand de canaux avec les mêmes anastomoses que ci-dessus.

En résumé : de tous les genres de Cycadacées, seul le genre *Stangeria* avec l'espèce *S. paradoxa* T. Moore étudiée, possède des canaux sécréteurs gommifères dans toutes les parties de son système radiculaire, sauf dans les très jeunes radicelles et dans les racines coralloïdes. Ces canaux, anastomosés ou non, sont toujours endocèles. Ils se forment par voie schizogène; mais dans les racines âgées, ils deviennent schizo-lysigènes.

BOTANIQUE. — *Notes biologiques sur les Acacias fournisseurs de gomme, dite arabique, au Soudan égyptien.* Note de M. **Em. Perrot**, présentée par M. Guignard.

La gomme arabique du commerce est fournie, dans une proportion de 95 pour 100, par un petit arbre, l'*Acacia Verek* Guill. et Perrott. (*Ac. Senegal* Willd.). Le Soudan égyptien (Kordofan surtout) en exporte annuellement près de $20\,000^{t}$, tandis que la Mauritanie et le Sénégal n'en

---

([1]) Van Tieghem et J. Costantin, *Éléments de botanique*, t. 2, 1918, p. 254.

([2]) Nous n'avons jamais remarqué que le nombre des pôles devenait, comme le veut Matte (*loc. cit.*, γ, p. 44), de plus en plus grand à mesure qu'on se dirige vers l'extrémité de la racine.

donnent guère plus de 2000^t. Les autres espèces productrices de gomme au Soudan sont l'*Ac. Seyal* Delile et l'*Ac. Arabica* var. *nilotica*.

Au cours d'une récente mission, en février-mars 1920, nous avons, avec M. Allaud, ingénieur agronome, négociant importateur, étudié sur place, *au Kordofan*, les conditions de végétation des Acacias gommiers, les méthodes de récolte et le trafic de la gomme [1].

L'*Ac. Verek* commence à faire partie de la brousse soudanienne dans la région nord de Khartoum, et devient plus abondant au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans le sud, dans les provinces de Sennaar, Gedaref et Kordofan, mais dans cette dernière principalement ; il apparaît alors, par endroits, sous forme de peuplements naturels assez denses qui reçoivent le nom de « guénénas », dont les arbres sont exploités par les indigènes. Ceux-ci pratiquent, en saison sèche, un écorçage méthodique (*tapping* des Anglais), consistant à enlever avec une hache grossière (*ferrar*) un lambeau étroit d'écorce ; l'exsudation gommeuse est ainsi considérablement augmentée.

Dans le pays du Kordofan, la saison des pluies dure de fin mai à mi-octobre et la quantité de pluie tombée est de 300^{mm} à 400^{mm}. Pendant cet hivernage, les feuilles tombent, l'atmosphère se dessèche à l'extrême, les vents sont constants et la température dépasse 45° à l'ombre pour tomber parfois, la nuit, à quelques degrés au-dessus de zéro.

La moindre craquelure de l'écorce peut donner lieu spontanément à la production extérieure de masses arrondies, plus ou moins colorées, dites gomme Wady (sauvage) ; d'autre part un insecte pique fréquemment l'arbre au point d'intersection des jeunes rameaux, et il exsude alors de petits bâtons contournés qui sont recueillis et donnent la gomme dite *vermiculée*. A notre passage, les loges d'insectes étaient toutes vides de leur hôte.

A la suite de l'écorçage, le long des lèvres de la blessure, on voit apparaître des masses également arrondies, molles, incolores, qui se dessèchent rapidement et constituent la belle gomme blanche du Kordofan. On ne s'explique guère pourquoi cette exsudation ne se fait pas tout le long de la blessure en masses plus ou moins confluentes, et il faudrait étudier sur place ce phénomène, à l'aide de coupes microscopiques.

En cherchant à nous rendre compte des conditions les meilleures de l'ex-

(1) Toutes nos observations scientifiques et économiques sont consignées dans un Rapport adressé à M. le Ministre du Commerce et à M. le Gouverneur général de l'Afrique occidentale française.

sudation gommeuse, nous sommes arrivés à un certain nombre de conclusions dont voici les principales :

Tout d'abord, il faut noter que la gomme n'apparaît à l'extérieur que pendant la période la plus forte de sécheresse, de décembre à avril, où elle est récoltée tous les 5 à 6 jours.

Les arbres situés dans les moindres vallées, ou simplement dans des endroits où le sous-sol, par suite de fonds argileux, reste légèrement frais ou humide, ne donnent que de rares marrons de gomme. D'autre part, si la moindre petite pluie apparaît après un écorçage prématuré ou trop tardif, la première ou la dernière récolte est compromise.

Nous avons remarqué également qu'un simple ameublissement du sol pour tenter des cultures intercalaires réduisait, dans une notable proportion, la production de la gomme.

On est donc amené à conclure, que la formation de la gomme doit avoir pour principal objet, par suite de la difficulté avec laquelle elle abandonne son eau, de conserver à la plante la quantité d'eau de constitution, nécessaire à sa végétation, pendant cette période de sécheresse extrême où la dessication est véritablement extraordinaire.

Si l'on veut aménager les peuplements naturels, il faut tenir compte de ce fait que, comme chez les autres espèces désertiques, le système radiculaire est extrêmement développé en profondeur et en diamètre. On ne devra donc conserver qu'une densité ne dépassant pas 80 à 100 sujets à l'hectare, de façon à n'avoir que très peu d'ombrage.

Si la gomme exsudant à l'extérieur cicatrise les blessures, nous considérons ce rôle comme secondaire, car l'opération grossière de l'écorçage, qui intéresse souvent jusqu'au cambium, ne paraît pas incommoder autrement l'arbre.

Des échantillons d'*Acacia Verek*, écorcés pour la récolte de la gomme, ont été envoyés par nos soins aux différents Musées de nos Facultés et Écoles de Pharmacie, et nous avons conservé, avec beaucoup d'autres documents, une volumineuse partie d'un de ces arbres, au Musée de la Faculté de Pharmacie de Paris.

Dans notre colonie du Sénégal et en Mauritanie, sauf chez les Peulhs, peuplade venue de l'Orient, la pratique de l'écorçage est inconnue; il faut espérer qu'on l'introduira bientôt, car, nous le répétons, c'est seulement ainsi, et avec une surveillance rigoureuse des achats, qu'on arrivera à une production supérieure, qui peut atteindre trois à cinq fois les rendements actuels.

BOTANIQUE. — *Action de la pesanteur sur les végétaux*. Note [1] de M. H. Ricome, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que les deux moitiés d'une tige fendue en long s'écartent l'une de l'autre en s'infléchissant vers l'extérieur, ce qui est dû à l'état de tension des tissus : la région profonde est plus longue que la région externe. Or, le même phénomène se produit lorsqu'on fend une tige de Fève incurvée géotropiquement. La demi-tige supérieure accentue brusquement son incurvation ; la demi-tige inférieure s'incurve en sens inverse, vers le bas, comme si la courbure géotropique de l'organe intact était déterminée par la moitié supérieure seule. Cependant, cette demi-tige inférieure réagit géotropiquement au bout de quelques heures ; le géotropisme parvient difficilement à triompher de l'excès de croissance du côté supérieur (de l'épiauxisme autonome), la courbure géotropique vers le haut est peu accentuée.

Si on ne supprime pas l'extrémité libre de la tige, le poids de cette dernière gêne la manifestation du géotropisme ; l'organe devient rectiligne, s'oriente obliquement vers le bas, ou horizontalement, et se comporte en somme comme un organe diagéotropique. Il s'agit cependant d'un géotropisme négatif en lutte avec l'épiauxisme de l'organe et avec le poids à soulever. La direction prise est la résultante de ces trois facteurs : poids à supporter (effet de la pesanteur), excès de croissance du côté inférieur (autre effet de la pesanteur), excès de croissance des tissus profonds constituant le côté supérieur de la demi-tige considérée (mode de croissance autonome de la tige). Ces phénomènes se manifestent dans l'air et dans l'eau et ne sauraient être attribués à la perte d'eau ou à la réplétion aqueuse des cellules.

Les résultats sont de même nature avec la tige pleine de la Belladone.

Si l'on fend longitudinalement une tige de Fève ou de Belladone et qu'on la place horizontalement, en laissant subsister les deux moitiés ou une seule, chacune d'elles réagit comme il vient d'être dit. La courbure due à la croissance autonome s'accentue ou s'atténue jusqu'à l'inversion sous l'effet de la pesanteur, au gré de l'expérimentateur. Le résultat dépend de la position qu'on donne aux organes.

Si comme nous le supposons, l'orientation est la résultante des trois fac-

---

(1) Séance du 19 juillet 1920.

teurs mentionnés, on doit pouvoir obtenir des réactions analogues avec la racine. C'est en effet ce que nous avons constaté avec la racine de la Fève. Notons qu'ici ce sont les tissus externes qui sont plus longs que les externes, en sorte que les deux moitiés d'une racine fendue s'incurvent vers l'intérieur et non vers l'extérieur comme dans le cas de la tige. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de voir la demi-racine inférieure s'incurver *vers le haut* sous l'effet de la pesanteur. La pesanteur détermine dans la racine, comme dans la tige, un excès d'élongation du côté inférieur. Cet effet s'ajoute à l'hypoauxisme autonome et la demi-racine s'incurve si fortement vers le haut qu'en douze heures l'extrémité est devenue horizontale et couchée sur la face supérieure de la portion intacte de la racine. Dans la demi-racine supérieure, l'hypoauxisme géotropique est en opposition avec l'épiauxisme autonome; ce dernier finit par déterminer une inflexion vers le bas. La pesanteur exerce sur la racine le même effet que sur la tige: elle tend à l'infléchir vers le haut.

Si on laisse en place les deux demi-racines, elles se gênent mutuellement. L'inférieure se relève plus énergiquement que la supérieure ne s'abaisse. Elle prend une inflexion en S, le sommet buttant contre l'autre moitié qui la dépasse parce que son inflexion est moins accentuée.

La façon dont se comporte une racine décapitée a fait croire que le sommet seul était sensible à la pesanteur. Les faits ci-dessus montrent qu'il n'en est rien et permettent d'expliquer les irrégularités constatées.

Lorsqu'on supprime la moitié d'une racine en respectant l'intégrité du sommet, les choses se passent comme ci-dessus, mais le sommet s'infléchit vers le bas.

Il y a donc une action de la pesanteur à la fois sur le sommet en voie de cloisonnement et sur la région voisine en voie d'élongation. Il en est de même pour la tige. Mais dans ce dernier cas, la présence de feuilles jeunes empêche de se rendre compte des faits. Dans la Fève, la tige est continuée par le pétiole d'une feuille; c'est ce pétiole qui s'incurve d'abord géotropiquement, entraînant ou refoulant le sommet, suivant les cas. Le sommet est soulevé passivement. Bien des tiges ont d'ailleurs leur sommet pendant.

Nous conclurons ainsi :

1° Qu'il s'agisse de la tige ou de la racine, le changement d'orientation, en créant de nouvelles conditions intra et extracellulaires, modifie le cloisonnement des cellules dans le méristème apical ou subapical de façon que le sommet de l'organe tend à s'infléchir vers le bas; il modifie le mode

de croissance des cellules dans la région d'élongation qui tend à s'infléchir vers le haut.

2° L'opposition si remarquable entre le géotropisme de la tige et celui de la racine paraît tenir au fait que la région d'élongation est très courte dans la racine, très longue dans la tige. L'effet de la pesanteur, bien que se faisant sentir sur toutes les parties en voie de croissance, se manifeste extérieurement dans la racine sur la région des cloisonnements (le sommet); dans la tige sur la région d'élongation (les entrenœuds). Il en résulte l'orientation verticale descendante de la racine, verticale ascendante de la tige.

Le géotropisme dit oblique, ou transversal, des ramifications de la racine et de la tige, s'explique par la gêne apportée à la manifestation du géotropisme vertical par d'autres phénomènes dépendant en partie de la distribution et de la circulation de l'eau dans la plante. Il suffit souvent de supprimer l'axe principal pour rétablir l'équilibre normal et permettre la pleine manifestation du géotropisme. Il est inutile d'ajouter que d'autres causes interviennent dans l'orientation des organes et que certaines d'entre elles sont sous la dépendance de la pesanteur.

3° Rien n'établit que les organes des végétaux soient doués d'une faculté de perception de la pesanteur. Les expressions telles que irritation produite par des statolithes, transmission d'une sensation, reflexes non nerveux, ne répondent à rien de réel. C'est d'ailleurs là une question que nous traiterons ailleurs.

BOTANIQUE. — *Étude cytologique de la Sélaginelle.*
Note [1] de M. L. Emberger, présentée par M. Gaston Bonnier.

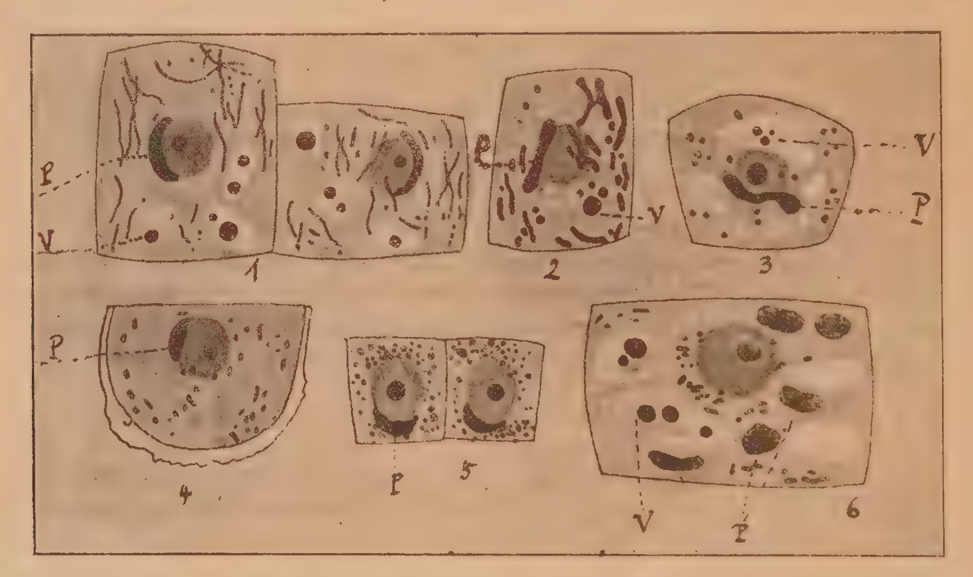
Au cours des recherches que nous poursuivons sur le chondriome des *Cryptogames vasculaires*, nous avons abordé l'étude des *Sélaginelles* qui représentent un type très spécial, et nous nous proposons de résumer nos résultats. Cette étude a été abordée par M. Dangeard, qui s'en est servi pour appuyer sa théorie consistant à séparer les plastides des mitochondries qu'il considère comme ne représentant pas une unité morphologique, mais en partie comme des microsomes, en partie comme des formations se rapprochant des jeunes stades du système vacuolaire.

---

(1) Séance du 19 juillet 1920.

L'exemple choisi par M. Dangeard est très peu favorable parce que les cellules des Sélaginelles sont très petites, et ont un système vacuolaire rempli de produits précipitant à la fixation sous forme de grains se colorant comme les mitochondries. C'est certainement l'exemple le plus défavorable que nous connaissions. Néanmoins, une observation méthodique des divers stades du développement au moyen de procédés de fixation et de coloration diverses, aidée d'observations vitales, nous a permis de pouvoir étudier la question en détail.

Dans le méristème de la tige (*fig*. 5) on constate dans chaque cellule un seul chloroplaste (P) en forme de croissant coiffant le noyau. Celui-ci se divise en plusieurs chloroplastes au fur et à mesure que la cellule vieillit de sorte que chacune d'elles en contient à la fois six à huit, plus ou moins arrondis (*fig*. 6). Ce chloroplaste représente ici à lui seul les nombreux plastides en forme de chondriocontes qu'on observe



Chondriome de Sélaginelle (variété cultivée).

dans les autres cryptogames vasculaires. Il est dans une certaine mesure comparable au *Nebenkern* des spermatocytes de scorpion [1] représentant le chondriome de ces cellules, de même qu'au chloroplaste unique d'*Anthoceros* étudié par Scherrer, Sapehin, Mottier. On trouve, en dehors de ce chloroplaste, des mitochondries granuleuses ou en bâtonnets très courts susceptibles à certains stades de se transformer en chondriocontes plus ou moins longs.

On voit donc ici, comme dans les *Fougères*, qu'il existe deux variétés distinctes

---

(1) Wilson, *Proceedings of the national Academy of Sciences* 1916.

d'éléments mitochondriaux : l'une est représentée par un *unique chloroplaste* dans les cellules les plus jeunes, et l'autre par des *mitochondries de formes ordinaires* dont l'existence ne peut faire aucun doute.

Le chondriome est très beau dans les tubercules foliaires. Dans les cellules formant la base, on peut voir des chondriocontes très nets, en nombre prédominant sur les autres mitochondries (*fig.* 1). Dans les assises supérieures, on constate des mitochondries granuleuses, des bâtonnets et des chondriocontes, mais ces derniers ont ici une taille un peu plus épaisse (*fig.* 2). Les cellules de la pointe ne contiennent que des mitochondries granuleuses (*fig.* 3). Ces *chondriocontes* ne sont pas des *fibrilles protoplasmiques*, contrairement à ce qu'a admis M. Dangeard, les bonnes préparations obtenues par la méthode de Regaud permettant de les distinguer très nettement, en noir foncé, du cytoplasme coloré en rose par l'éosine.

On observe dans les éléments parenchymateux du cylindre central un plaste très allongé, accompagné de mitochondries granuleuses et de chondriocontes. Le même cycle paraît se poursuivre dans la racine.

Les observations sont très gênées par la présence, dans les vacuoles, d'un produit de nature inconnue possédant sur le vivant un pouvoir électif pour la plupart des colorants vitaux (rouge neutre, bleu de Nil). Les colorants bleus d'aniline le colorent en bleu pâle. Il n'offre aucun des caractères histochimiques de la métachromatine des champignons et l'on n'est pas autorisé à le désigner sous le nom de *corpuscule métachromatique* comme le fait M. Dangeard. Ce produit paraît se transformer en composé phénolique. Enfin il se colore après fixation par les méthodes mitochondriales comme les mitochondries, ce qui est un autre caractère le distinguant de la métachromatine. Il se trouve toujours dans les vacuoles ce qui le distingue des mitochondries (*fig.* 1 à 3, V). Dans les méristèmes de tige et de racine, il est difficile de distinguer ces granulations des mitochondries en raison de leurs colorations identiques et de la petitesse des vacuoles (*fig.* 5).

L'évolution du sporange est caractérisée par la présence constante d'un plaste (P) qui persiste même dans la spore à côté de mitochondries en forme de grains, de courts bâtonnets (*fig.* 4).

Enfin, à côté des mitochondries granuleuses, des plastides et des granulations des vacuoles, on rencontre en outre les *microsomes* décrits par M. Dangeard. Ces microsomes, très peu nombreux, ne sont autre chose que des globules graisseux ou lipoïdes. Ils brunissent par l'acide osmique. Ils sont beaucoup plus réfringents que les mitochondries très difficilement observables et sont entraînés plus rapidement par les courants photoplasmiques. En faisant des préparations par la méthode de Küll, on retrouve les mitochondries colorées en rouge et parfois, mais rarement, les microsomes brunis par l'acide osmique.

Il existe donc dans les Sélaginelles :

1° *Des plastes*, dont un seul persiste dans la spore et *une autre variété de mitochondries* sous forme de grains, de bâtonnets ou de chondriocontes ;

2° *Des microsomes* de nature graisseuse ou lipoïde ;

3° *Un appareil vacuolaire renfermant une substance de constitution inconnue* n'ayant aucune relation avec la métachromatine des champignons.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations cytologiques sur* Saprolegnia. Note [1] de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons exposé dans une Note antérieure les observations vitales que nous avons pu réaliser sur le chondriome d'une espèce de *Saprolegnia*, trouvée sur des cadavres de mouches. Nous avons montré que ce champignon constitue un des objets les plus favorables que nous connaissions pour ce genre d'études, et laisse observer avec la plus grande netteté sur le frais ses noyaux et son chondriome. Enfin, l'emploi des colorants vitaux nous a permis en outre de suivre l'évolution du système vacuolaire qui renferme une substance fixant énergiquement la plupart des colorants vitaux et prenant avec les couleurs bleues d'aniline une teinte violacée comme la métachromatine des autres champignons.

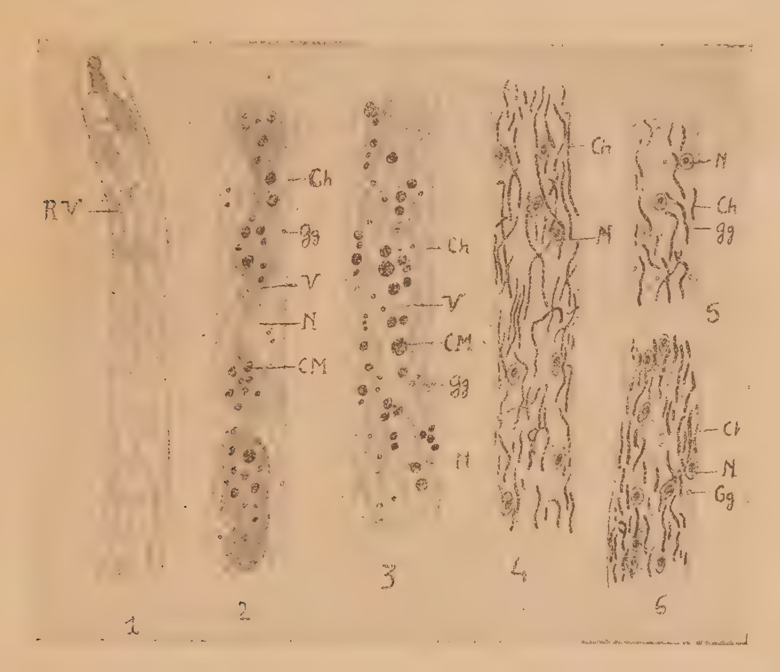
Depuis nous avons poursuivi nos recherches et nous nous proposons de résumer ici les résultats obtenus.

L'étude du système vacuolaire à l'aide de colorants vitaux permet de constater que dans les filaments très jeunes, ce système présente la forme de longs canalicules qui s'anastomosent en un réseau (*fig.* 1), lequel en se gonflant et par fusion des canalicules qui le constituent finit par former une grosse vacuole, sorte de large canal occupant tout l'axe des filaments (*fig.* 2 et 3). Les canalicules et le réseau sont remplis d'une substance à l'état de solution qui se colore assez intensivement. Lorsque le canal central est constitué, cette substance étant plus diluée se colore d'une manière beaucoup plus pâle (*fig.* 3). Le système vacuolaire renferme en outre, sauf dans ses formes initiales, des corpuscules qui se colorent d'une manière plus marquée que la substance dissoute dans le suc vacuolaire. Les uns ne se voient qu'après coloration vitale ; ils sont fortement colorés et d'une manière très métachromatique (*fig.* 2 et 3). Les autres se présentent sous forme de corpuscules, souvent assez gros, d'une réfringence assez accusée et visibles sans coloration. L'acide osmique leur donne une teinte légèrement grise. Les colorants vitaux ne les teignent que faiblement. Après fixation à

---

(1) Séance du 19 juillet 1920.

l'alcool ou au formol et coloration par le bleu de méthylène, le système vacuolaire n'apparaît pas avec les caractères qu'il montrait sur le vivant. Les vacuoles offrent un contenu incolore et montrent seulement de petits grains fortement colorés en violet foncé et d'autres teints en bleu pâle. L'hématéine ne colore pas les premiers et donne aux seconds une teinte diffuse. Ces deux catégories de corpuscules, qui ne sont peut-être que des



1, 2, 3, stades successifs du développement du système vacuolaire coloré par le rouge neutre; RV, réseau vacuolaire; Ch, chondrioconte; V, vacuole; CM, corpuscule intravacuolaire; N, noyau; Gg, globules graisseux. Dans 1, le chondriome n'a pas été dessiné; 4, filament traité par la méthode de Regaud; 5 et 6, filament traité par la méthode de Benda.

états différents d'une même substance, ne présentent pas les caractères des granulations désignées dans les champignons sous le nom de *corpuscules métachromatiques*.

L'emploi des méthodes mitochondriales permet d'obtenir d'excellentes différenciations du chondriome qui apparaît avec l'allure qu'il présentait sur le vivant. Ces méthodes ne colorent pas le contenu du système vacuolaire, sauf dans des cas exceptionnels, lorsque la préparation est mal réussie. Les fixations au formol commercial, suivies de coloration à l'hématoxyline ferrique, mettent en évidence avec la plus grande netteté les noyaux et le chondriome (*fig.* 4). Les méthodes de Benda et de Kull différencient en

outre les granulations graisseuses qui apparaissent brunies par l'acide osmique (*fig.* 5 et 6). Avec toutes ces méthodes, le chondriome se montre constitué par de nombreux chondriocontes de longueurs variables, qui ressortent très nettement par leur coloration intense au sein du cytoplasme à peine coloré. Ces éléments ont un contour si net qu'il est parfois difficile de les distinguer des bactéries qui se trouvent parfois accolées à la membrane du champignon. Dans certains filaments, les chondriocontes subissent des modifications de formes que l'on constate également sur le vivant : ils peuvent prendre la forme de bâtonnets courts et trapus, de fuseaux et même se transformer en vésicules. Il est difficile de décider si ces formes sont en relation avec le métabolisme cellulaire ou représentent des altérations du chondriome. Le chondriome présente une plus grande résistance vis-à-vis des fixateurs renfermant de l'acide acétique que les mitochondries en général et que celles des autres champignons en particulier.

En résumé, on voit donc qu'il y a lieu de distinguer dans le *Saprolegnia* que nous avons étudié : 1° un chondriome, nettement caractérisé et semblable à celui des autres végétaux et des animaux ; 2° de petits globules graisseux ; 3° un système vacuolaire rempli d'une substance douée d'un pouvoir électif vis-à-vis des colorants vitaux, mais qui ne présente pas les caractères de la métachromatine.

Le chondriome des Saprolégniacées a déjà été entrevu par divers auteurs. Arthur Meyer observe sur le frais dans un *Achlya* de petits corps ronds ou en forme de bâtonnets qu'il assimile à des leucoplastes. Rudolph a également mis en évidence dans un *Achlya* des filaments visibles sur le vivant et colorables par la méthode de Benda qu'il rapproche des mitochondries. Plus récemment, M. Dangeard a consacré une étude détaillée au chondriome d'un *Saprolegnia* et a admis que ce chondriome correspondait au système vacuolaire. Nos observations vérifient celles de A. Meyer et de Rudolph, mais sont en désaccord avec celles de M. Dangeard.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude comparée sur la microflore et la teneur en azote des terres partiellement stérilisées par le sulfure de calcium.* Note de MM. G. **Truffaut** et N. **Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

D'après nos observations [1], la flore bactérienne des terres traitées par des mélanges à base de CaS contient en abondance un fixateur d'azote, le

[1] G. Truffaut et N. Bezssonoff, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 168.

Clostridium pastorianum et les principaux ammonifiants du sol (*B. mycoides*, *B. megatherium*, etc.).

Devant une sélection microbienne aussi typique, l'étude de son influence sur l'économie de l'azote du sol semblait s'imposer. Nous avons donc entrepris des dosages d'azote dans des terres partiellement stérilisées et dans les mêmes terres non stérilisées, en établissant en même temps leur contrôle bactériologique.

La première série d'expériences fut faite en serres dans des pots à fleurs ordinaires, poreux, de $0^{m},20$ de diamètre, contenant chacun 3^{kg} de terre. Une série de ces pots reçut par kilogramme le mélange suivant : sulfure de calcium, 1^{g}; naphtaline, 1^{g}; sulfate de chaux, $3^{g},46$; phosphate de chaux $0^{g},60$. La deuxième série fut conservée comme témoin.

Soixante-quinze jours après le traitement, le nombre des bactéries des deux séries était redevenu égal. Fait remarquable, le nombre des protozoaires était aussi redevenu égal le même jour. Huit jours après le traitement, les terres partiellement stérilisées continrent le maximum de bactéries, 120 millions par gramme. A cette date, les terres témoin n'en contenaient que 18 millions. Quatre-vingts jours après le début de l'expérience, les terres témoin contenaient $6^{g},19$ d'azote par kilogramme, les terres ayant subi la stérilisation partielle $5^{g},51$ (azote total sur terre sèche).

Quoi qu'il y eût peu de différence dans la teneur en azote, les terres ayant subi la stérilisation partielle étaient un peu appauvries. Une autre série d'expériences fut mise en route, toujours avec la même terre, toutes conditions égales, mais dans cette expérience, des pavots furent repiqués 8 jours après l'application des corps partiellement stérilisants. Immédiatement après la floraison, les graines étant formées, les récoltes de pavots furent pesées. La série témoin produisit 270^{g}, la terre partiellement stérilisée produisit 1170^{g}.

L'analyse de la terre faite immédiatement après cette récolte donna, en ce qui concerne l'azote, les résultats suivants : terre témoin $2^{g},98$ par kilogramme et terre traitée $2^{g},85$. La différence entre la teneur en azote des deux terres ci-dessus indiquées est plus faible que pour l'observation précédente, elle reste dans les limites d'une erreur expérimentale.

Considérant que le poids de la récolte sur la terre traitée dépasse de 333 pour 100 celle de la terre non traitée, on constate que la terre stérilisée a certainement fixé une quantité supplémentaire d'azote. Il y a eu de ce fait une exportation d'azote importante par les tissus des plantes sans que la terre, par rapport à la terre témoin, soit sensiblement appauvrie.

La première série d'expériences sans végétation ayant montré que là où il n'y avait pas de plantes, il n'y avait aucun gain d'azote, il est probable que l'excédent d'azote qui s'est manifesté dans la deuxième série d'expériences s'est présenté sous forme de bases volatiles (ammoniaque, méthylamines) susceptibles d'être captées par les plantes au fur et à mesure de leur formation.

Nos observations faites en pleine terre semblent confirmer ce point. Elles embrassèrent dans le premier cas une période de 14 mois entre la stérilisation partielle du sol, les numérations bactériennes et les dosages d'azote.

La première expérience en pleine terre (29 mars 1919) porta sur trois parcelles : une non stérilisée, la deuxième ayant reçu par mètre carré un mélange de 15^g de sulfure de calcium pur, 15^g de naphtaline brute essorée, $12^g,5$ de phosphate de chaux, le restant du mélange ($57^g,5$) étant constitué par du plâtre ; la troisième parcelle reçut un mélange analogue au premier où la moitié de la naphtaline était remplacée par du cymène (paraméthylpropylbenzène).

Dans le cours des années 1919-1920, trois cultures furent faites sur ces parcelles : 1° blés, 2° scaroles, 3° navets. Le poids global de ces trois récoltes pesées à l'état frais fut, par mètre carré, pour la parcelle témoin, de $3^{kg},294$; pour la parcelle traitée sulfure-naphtaline, de $4^{kg},464$; pour la parcelle traitée sulfure-cymène, de $5^{kg},919$.

Après la troisième récolte (6 avril 1920), les terres témoin contenaient, un an après la stérilisation, 14 millions de bactéries au gramme et les terres ayant subi la stérilisation partielle 15 millions et demi. Les terres témoin contenaient $1^g,90$ d'azote par kilogramme de terre à l'état normal, et les terres ayant reçu le sulfure de calcium et cymène $2^g,10$.

Une nouvelle expérience en pleine terre, toujours sur les mêmes parcelles, commença le 16 avril 1920 : une parcelle témoin, une parcelle traitée par le mélange sulfure de calcium-naphtaline, mais à la dose de 150^g du mélange par mètre carré. Les deux parcelles furent ensemencées en carottes. Les dosages d'azote effectués après 63 jours montrèrent que la parcelle témoin contenait $1^g,70$ d'azote par kilogramme de terre et la parcelle partiellement stérilisée $2^g,37$ d'azote par kilogramme de terre. Le nombre des bactéries par gramme, 86 jours après le traitement, dans les terres stérilisées, était de 14 millions par gramme, 38 pour 100 de *B. butyricus*, et dans les terres témoin de 8 millions par gramme, 17 pour 100 de *B. butyricus* [en colonies symbiotiques]. Ainsi, malgré une exportation intense d'azote

causée par trois récoltes successives et une en végétation intense, les parcelles de terre partiellement stérilisées ne se sont pas appauvries en azote, au contraire.

Les résultats de ces trois séries d'expériences semblent démontrer :

1° Qu'en employant une dose forte du mélange sulfure-carbures aromatiques dans des cultures en pots poreux où les oxydations sont constantes, ce milieu aérobie favorise les pertes d'azote ammoniacal par diffusion et est défavorable au développement continu des races bactériennes anaérobies telles que le *Bacillus butyricus*.

2° Quand, dans les mêmes conditions, les mêmes terres toujours contenues en vases poreux portent des plantes, on constate que les pertes d'azote sont plus faibles.

3° Dans les conditions de cultures en pleine terre et en employant une quantité maxima de 150^{kg} de sulfure de calcium à l'hectare, on constate que, malgré une forte exportation d'azote, la terre ne s'est pas appauvrie de cet élément.

En ce qui concerne les colonies symbiotiques du *Bacillus butyricus*, nos observations précédentes peuvent être complétées en ce fait que le pourcentage du *Bacillus butyricus* dans ces colonies est environ de 74 pour 100. Le nombre des bacilles butyriques dans les terres partiellement stérilisées dépasse souvent celui de toute autre race bactérienne prise isolément.

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines sont-elles nécessaires au développement des végétaux ?* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Quelques biologistes ont prétendu que les vitamines étaient nécessaires à la croissance des végétaux [1] et cette opinion, généralement admise d'ailleurs, résulte d'expériences dont nous ne contestons nullement les résultats, mais dont l'interprétation ne semble s'accorder ni avec d'autres faits, ni avec les nombreux essais personnels que nous avons poursuivis dans ce domaine.

---

[1] Bottomley, *Proc. of the Royal Soc. of London Biol. Sciences*, 1914, p. 237. — Moctheridge, *Ibid.*, 1917, p. 508. — Agulhon et Legroux, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 597. — Linossier, *Soc. de Biologie*, avril 1919 et mars 1920.

On sait qu'il est possible de cultiver certains microbes et certains champignons sur des milieux chimiquement définis et ne renfermant pas trace de vitamines : non seulement la pullulation abondante de ces êtres inférieurs est réalisée d'une façon parfaite dans des bouillons complètement dépourvus de toute substance vitaminique, mais il est encore possible d'assurer la croissance et le développement complet de végétaux supérieurs avec des solutions nutritives purement minérales.

Mazé [1] a montré que le maïs peut accomplir toute son évolution dans une liqueur renfermant 15 corps simples, à l'exclusion de toute matière organique. Il est difficile de concevoir que certains végétaux, depuis les microbes jusqu'aux plantes les plus complexes, puissent s'accommoder de milieux minéraux pour vivre et croître, alors que d'autres exigeraient des vitamines pour se développer.

La notion de l'utilité de ces vitamines dans la culture des champignons résulte du fait que les auteurs qui ont soutenu cette thèse ont eu recours à des milieux très pauvres, insuffisants, tel qu'un mélange de tartrate d'ammoniaque et de glycérine dans lequel on voit l'addition de quelques gouttes d'une infusion de raisins secs, améliorer notablement la qualité nutritive du bouillon.

Si la minime quantité de substance ainsi ajoutée renferme des vitamines, elle contient en outre des sels, des matières protéiques, des hydrates de carbone, et il semble abusif de conclure *a priori* que l'effet constaté est dû à l'une plutôt qu'aux autres de ces substances.

Nous avons pu nous assurer qu'un grand nombre de produits chimiques définis, minéraux et organiques, étaient susceptibles, en proportions minimes, de fournir les mêmes résultats que ceux qu'on obtient par cette addition d'infusion de raisins secs et parfois même des résultats meilleurs; tous ces matériaux ne sauraient être considérés comme des vitamines.

D'autre part, nous avons institué les expériences suivantes :

De la levure de bière fraîche, très riche en vitamines, susceptible de guérir rapidement les accidents polynévritiques des pigeons carencés, est chauffée à 135° pendant 1 heure. Par ce traitement, administrée même en grande quantité, elle a perdu toutes ses propriétés antiscorbutiques; les vitamines qu'elle renfermait, actives pour les animaux, semblent complètement détruites, néanmoins cette levure peut servir à préparer des

(1) Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, mars 1919, p. 139.

bouillons qui favorisent considérablement le développement des champignons cultivés sur les solutions pauvres à base de tartrate d'ammoniaque et de glycérine.

En épuisant méthodiquement la levure par l'alcool, ou en précipitant son extrait par l'acide phosphotungstique, on parvient à isoler les principes vitaminiques et l'on peut ainsi obtenir, d'une part, la levure épuisée n'ayant plus aucune propriété curative de la vitaminose et d'autre part, un extrait renfermant les vitamines actives; ce dernier, évaporé et repris par l'eau, n'améliore pas les propriétés nutritives des milieux artificiels convenables, il est parfois plutôt nuisible à la végétation, tandis que la décoction de levure résiduelle, chauffée à 135° et dépouillée de ses vitamines par ces traitements, peut leur conférer des qualités qui permettent la végétation un peu plus abondante des cultures.

En filtrant les liquides organiques sur de la terre à foulon qui retient les vitamines, on constate que le filtrat privé de ces substances est plus favorable à la végétation des moisissures que ce liquide avant sa filtration.

Enfin, nous nous sommes assuré aussi que les extraits organiques, chauffés vers 250° jusqu'à carbonisation, conservaient leurs propriétés fertilisantes lorsqu'on les ajoute au milieu tartro-glycérique, et il est difficile d'admettre, dans ce cas encore, que les vitamines ont pu résister à cette température.

Les vitamines sont des substances indispensables à la vie, ne pouvant pas être remplacées par des composés chimiques définis, précipitables par l'acide phosphotungstique et les réactifs des alcaloïdes; elles sont retenues par filtration sur la terre à foulon et détruites par la chaleur; or aucune de ces propriétés ne se retrouve dans les substances qui sont susceptibles d'améliorer, pour les végétaux, les qualités nutritives des milieux pauvres. Ces substances ne semblent donc pouvoir être assimilées aux vitamines dont elles ne possèdent aucune des propriétés caractéristiques.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Effets de l'osmose électrique sur les tumeurs cancéreuses des rats.* Note de MM. **A.-H. Roffo** et **Pierre Girard**, présentée par M. Roux.

On peut réaliser à travers les interstices cellulaires des tissus vivants et irrigués des osmoses électriques [1]. Le glissement, sous l'action d'un champ

[1] Pierre Girard et Morax, *Échanges liquides par osmose électrique à travers des tissus vivants* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 818).

électrique, des veines liquides qui remplissent ces interstices, est conditionné par l'existence d'une couche double d'Helmholtz, le long de leurs parois; le sens du glissement (endosmose ou exosmose) dépendant de l'orientation du champ et du signe des charges dont sont revêtues les veines liquides. Les lois de l'électrisation de contact nous donnent, en outre, le moyen de modifier à notre gré le signe de ces charges, et par suite pour une orientation donnée du champ qui assure le glissement des veines, de provoquer à notre gré, selon la composition ionique de la solution électrolytique baignant l'assise cellulaire externe du tissu, des endosmoses quelle que soit l'épaisseur du tissu et aussi des exosmoses.

Il était tout indiqué de se demander si les cellules vivantes qui constituent les parois de ces interstices cellulaires, restaient les témoins indifférents du glissement de ces veines liquides, ou bien, au contraire, si elles participaient elles aussi au processus d'osmose électrique dont le tissu vivant est le siège.

Pour certains tissus, tout au moins, cette participation de la cellule au processus osmotique ne fait pas de doute. C'est l'endosmose cellulaire qui se prête le mieux à l'analyse. Il s'agit d'ailleurs d'un gros phénomène qui retient tout de suite l'attention.

L'un de nous (Roffo) en a observé les effets sur les cellules des tumeurs épithéliales, et M. Fauré-Frémiet sur les cellules hépatiques [1].

L'apparence la plus remarquable, très nette chez les cellules épithéliales, mais encore plus, peut-être, chez la cellule hépatique, c'est « l'inondation » des cellules; très gonflées, de grosses vacuoles, sortes de lacs parfaitement délimités, apparaissent dans le cytoplasme. Une investigation microchimique systématique pourra seule révéler en détail quels éléments chimiques pénètrent, avec le flux endosmotique, dans les cellules inondées par places. Ce que nous savons de l'inégale perméabilité de leurs parois aux différents ions, rend vraisemblable qu'un « tri » doit s'effectuer au niveau de ces parois; et nous avons des raisons de penser que ce « tri » est conditionné, pour une part importante, par le signe et la densité des charges électriques fixées à ces parois. Un intérêt particulier (du moins en ce qui concerne les cellules néoplasiques) s'attache à faire pénétrer, avec le flux liquide envahissant le cytoplasme, des ions spécifiquement toxiques pour celui-ci. L'effet qu'on en peut attendre doit être une destruction massive et rapide.

Or les investigations de Wassermann et de ses élèves, de Gosio, de Roffo, etc, établissent sans conteste la toxicité spécifique pour ces cellules

---

(1) Fauré-Frémiet, P. Girard et Roffo, Communication au Congrès de Physiologie, 9 juillet 1920.

des séléniates et des sélénites; le problème pratique consistait donc dans la recherche des conditions, assurant par osmose électrique, la pénétration dans leur cytoplasme d'ions négatifs complexes où le sélénium fut engagé.

Nous pensons avoir réalisé ces conditions par l'adoption du schème expérimental suivant : le corps de l'animal étant relié au pôle négatif d'une source électrique, et la solution électrolytique baignant la tumeur au pôle positif, c'est là présence dans cette solution d'ions H^+ ou d'ions polyvalents positifs, qui ouvre à travers la paroi de la cellule épithéliale endosmosée, le passage aux radicaux négatifs où figure le sélénium.

Les effets destructifs qu'on observe dans ces conditions sont considérables : bien entendu, ils seront d'autant plus marqués qu'on laissera aux effets cytolitiques ultérieurs le temps de se produire; mais déjà sur une tumeur épithéliale (grosse comme une cerise, par exemple) détachée de l'animal deux heures après qu'elle a subi une osmose électrique d'une durée de 10 minutes, on observe les apparences suivantes : la section de la tumeur laisse échapper un liquide brun provenant de la liquéfaction des cellules; sous l'enveloppe membraneuse de la tumeur, et dans la zone où cette enveloppe a été baignée par la solution électrolytique, existe une importante cavité; ce qui reste du tissu épithélial présente l'aspect d'une pulpe friable, se désagrégeant très aisément et dont les cellules, pour la presque totalité, sont vacuolisées. Cette vacuolisation est le premier stade d'une cytolise fatale, au bout de quelques heures ou de quelques jours.

Conclusions. — 1° Dans l'endosmose électrique de tissus vivants et irrigués, comme les tumeurs épithéliales, les cellules de ces tissus participent au processus endosmotique.

2° Lorsque, à la faveur de ces endosmoses, nous pouvons faire franchir les parois des cellules à des éléments toxiques pour leur protoplasme, les effets de destruction observés sont particulièremeut intenses.

EMBRYOGÉNIE. — *La croissance du poumon fœtal chez le Mouton et les variations concomitantes de sa composition* (1). Note (2) de MM. **Fauré-Fremiet, J. Dragoiu**, et Mlle **Du Vivier de Streel**, présentée par M. Henneguy.

I. *Courbe de croissance du poumon fœtal.* — Nous avons déterminé le poids frais de l'appareil pulmonaire (trachée non comprise) chez une

(1) Travail fait à l'aide d'une subvention sur le fonds Bonaparte.

(2) Séance du 28 juin 1920.

quarantaine de fœtus de Mouton dont les longueurs étaient comprises entre 3^{cm} et 50^{cm}. L'âge de ces fœtus a été déterminé d'après les données de Gurlt [1]; celles-ci permettent de construire une courbe de variations de longueur du fœtus en fonction du temps, courbe avec laquelle il est facile de trouver approximativement, par interpolation, l'âge d'un fœtus de dimension quelconque.

Inscrits en fonction du temps, les poids des poumons fœtaux se groupent assez étroitement autour d'une courbe moyenne en S. Cette courbe montre que l'accroissement propre du poumon dans l'unité de temps (accroissement journalier par exemple) est faible d'abord, puis augmente rapidement entre la septième et la quatorzième semaine, reste sensiblement constant jusqu'à la dix-septième pour diminuer progressivement entre la dix-septième et la vingt-deuxième qui est celle de la naissance.

Brailsford Robertson a proposé pour les courbes de croissance de différents organes, l'équation

$$\text{Log}\,\frac{x}{\text{A}x} = \text{K}\,(t - t_1),$$

dans laquelle x représente le poids de l'organe au temps t, A le poids final et t_1 le temps correspondant au poids $\frac{\text{A}}{2}$. Cette équation s'applique à la courbe moyenne de croissance du poumon fœtal.

Le poumon fœtal constitue d'abord 2,6 pour 100 environ du poids du corps (fœtus de 10^{cm}), puis 5 pour 100 environ (fœtus de 18^{cm}). Cette proportion se conserve assez régulièrement jusqu'à la naissance.

Nous avons étudié en fonction de l'âge, les variations de la teneur en eau, cholestérine, acides gras, phosphore lipoïdique et glycogène du poumon fœtal.

Eau. — La quantité d'eau contenue dans le tissu pulmonaire diminue progressivement pendant toute la durée de la vie fœtale. La septième semaine, l'eau constitue 91 à 91,9 pour 100 du poids de poumon frais; mais on remarque que les écarts dans les déterminations augmentent d'une manière très sensible de la onzième à la treizième semaine, et peuvent atteindre 4 pour 100. L'observation histologique montre fréquemment à partir de ce stade, et toujours, aux stades plus avancés, que le liquide amniotique pénètre jusque dans le poumon à la suite de mouvements asphyxiques, et la présence de ce liquide fausse les résultats. En effet, tandis que le poumon adulte renferme environ 78 pour 100 d'eau, la courbe des chiffres

---

(1) Gurlt, *Lehrbüch der Vergleichenden Physiologie der Haus-Saugethiere*, 1847.

maxima nous donne 89,7, à la 13e semaine, et 88,9 à la 22e, qui est celle de la naissance.

La courbe des chiffres minima nous donne une décroissance beaucoup plus marquée : 91 pour 100 à la 7e semaine, 89,2 à la 10e, et 85,7 à la 12e; nous devons admettre que toutes les déterminations portant sur les stades ultérieures sont illusoires.

Cholestérine. — La cholestérine a été dosée par la méthode de Windhaus soit après saponification totale, soit après extraction alcoolique ou acétonique; dans ce cas, la digitonine précipite la totalité de la cholestérine, comme après saponification; on peut donc admettre que dans le poumon fœtal du Mouton, comme dans le poumon adulte, toute la cholestérine est libre et non éthérifiée [1].

Les dosages faits sur l'extrait alcoolique ou acétonique nous ont donné des chiffres qui, calculés pour 100 parties de tissu sec, ne présentent autour de la moyenne 1,38 que de faibles variations sans rapport avec la croissance; on peut admettre que la proportion de cholestérine ne varie pas pendant toute la durée du développement; sa quantité totale augmente donc parallèlement à la masse du tissu pulmonaire.

Acides gras. — La quantité d'acides gras, pour 100 parties de tissu sec, augmente d'une manière continue pendant la vie fœtale, passant de 3,7 pour 100, à la 7e semaine $\frac{1}{2}$, à 7,1 pour 100 à la 22e semaine. Il n'y a donc pas de constante lipocytique du tissu pulmonaire pendant la vie fœtale puisque la cholestérine reste invariable.

L'accroissement de la quantité *totale* [2] des acides gras dans l'unité de temps augmente pendant la première partie du développement et diminue dans la seconde, mais suivant une courbe différente de celle du poids du poumon.

Phosphore lipoïdique. — Le phosphore lipoïdique a été dosé volumétriquement sous la forme de phosphomolybdate à partir de l'extrait alcoolique. Nous avons trouvé 0,174 de phosphore pour 100 parties de tissu sec dans la 19e semaine, 0,188 pour 100 dans la 15e et 0,288 pour 100 à la 22e.

Il semble que l'augmentation du phosphore lipoïdique *total* dans l'unité de temps soit constante. La quantité de phosphore pour 100 parties de précipité acétonique des lipoïdes pulmonaires nous a donné dans deux cas 3,3 et 3,4.

---

(1) Ce fait a été mis en évidence par Verhague pour le poumon de Veau, et par l'un de nous et J. Weill pour le poumon de Cobaye.

(2) Rapportées au poids du poumon entier.

Glycogène. — Le glycogène a été dosé par la méthode de Bierry et Gruzewska. Par rapport au tissu pulmonaire, il constitue d'abord 2,16 à 2,36 pour 100 du poids sec (10e et 11e semaine), pour descendre ensuite à 0,3 pour 100 (18e semaine).

On constate que, de la 10e à la 12e semaine, le glycogène *total* augmente d'une manière continue, tandis qu'il subit une chute rapide dans la 12e semaine et jusqu'à la 15e. A partir de celle-ci il augmente à nouveau légèrement.

Conclusions. — La teneur du tissu pulmonaire en eau, lipoïdes et glycogène varie continuellement pendant la vie fœtale.

L'augmentation de la masse pulmonaire dans l'unité de temps passe par un maximum pendant la 14e semaine; il en est de même pour l'augmentation de la quantité totale des acides gras.

D'autre part, nous constatons pendant la 13e semaine :

1° Une diminution plus accentuée de la quantité d'eau;

2° Un maximum d'accroissement de la quantité de glycogène immédiatement suivie d'une diminution rapide et continue.

Nous pourrons donc admettre que la période comprenant la fin de la 13e semaine et le début de la 14e (fœtus de 30^{cm} à 35^{cm}) représente une période critique dans le développement du poumon fœtal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Culture du bacille tuberculeux sur milieu à base de levure autolysée.* Note de M. **Robert Sazerac**, présentée par M. E. Roux.

La levure autolysée a déjà été employée par plusieurs auteurs pour la confection de milieux de culture qui se sont montrés favorables au développement de certains microbes. Vansteenberghe [1] a étudié, sur de tels milieux, le développement de la levure elle-même et du ferment lactique. F. Diénert et A. Guillerd [2] ont obtenu, par un procédé de culture analogue, pour le *B. coli*, des résultats supérieurs à ceux que peuvent donner les bouillons peptonés. Kliger [3] a pu cultiver avec plus ou moins de succès, dans les mêmes conditions, les bactéries suivantes : *B. coli*, *B. dysenteriæ*, *B. diphteriæ*, streptocoques, staphylocoques.

Nous avons pensé que le bacille tuberculeux, en particulier, pourrait

---

(1) *Ann. Institut Pasteur*, t. 31, 1917, p. 601.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 256.

(3) *Journal of Bacteriology*, t. 4, p. 183.

trouver des conditions capables de favoriser son développement dans un milieu renfermant des produits d'autolyse de la levure, parmi lesquels on trouve notamment, en quantité notable, des acides aminés de nature variée.

Le liquide de culture que nous avons utilisé pour nos essais était préparé comme il suit : 100^g de levure de boulangerie sont abandonnés à l'autodigestion, durant 48 heures, à la température de 47°-48°. Au bout de ce temps, la masse semi-liquide obtenue est agitée avec 1000^g d'eau de source ; on filtre ; on ajoute 5 pour 100 de chlorure de sodium et l'on alcalinise nettement ; puis on ajoute encore 4^g pour 100 de glycérine.

On chauffe à l'autoclave, dans la vapeur fluante, durant 30 minutes ; il se forme un léger dépôt ; on filtre une seconde fois ; puis le liquide est stérilisé à 115° durant 15 minutes. On obtient ainsi un milieu très limpide, qui présente tout à fait l'apparence et la coloration du bouillon de viande ordinaire. Il donne un extrait sec correspondant à 16^g par litre de matières extractives. 100^g du produit d'autolyse renferment environ $2^g,12$ d'acides aminés et $0^g,18$ de tryptophane.

Sur ce milieu, les bacilles tuberculeux d'origine humaine et d'origine bovine, provenant d'une culture sur bouillon de viande glycériné, commencent à se développer au bout de 4 à 5 jours, à la température de 37°-38°, et le voile microbien augmente ensuite régulièrement, pour donner son maximum au bout de 15 à 20 jours. Nos cultures ont été effectuées comparativement avec celles qui servent, à l'Institut Pasteur, pour la préparation de la tuberculine. Nous avons observé des résultats presque égaux, en ce qui concerne l'apparence du voile et le rendement en poids. La moyenne des pesées a donné, avec le nouveau milieu, $0^g,496$ de corps microbiens pour 100^g de liquide, alors qu'on note, en général, un poids voisin de $0^g,500$ pour la même quantité de culture sur bouillon de viande glycériné. Il est à remarquer que ces premiers résultats concernent une culture de premier jet sur un milieu où le bacille n'a pas encore végété et, de ce fait, ils paraissent encourageants. L'accoutumance permettra sans doute d'obtenir des cultures encore plus rapides et plus abondantes.

Des expériences sont en cours dans le but de savoir si le liquide de culture renferme une tuberculine active.

D'autre part, nous effectuons des dosages qui nous permettront de déterminer la proportion des matières grasses contenues dans les corps microbiens développés sur le bouillon de levure autolysée ; et, en outre, nous cherchons à obtenir des cultures assez abondantes du bacille sur le même milieu non additionné de glycérine.

MÉDECINE. — *Ostéogénèse dans les greffes d'os mort.* Note (¹) de M. J. **Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

La substance d'un greffon de cartilage mort provoque, comme je l'ai montré (²), la métaplasie du tissu conjonctif ordinaire en tissu de moelle osseuse, puis en os. La substance osseuse, dans les mêmes conditions, détermine également l'apparition du tissu osseux à son contact.

Pour étudier les greffes osseuses vivantes et mortes dans les conditions les plus simples, je me suis adressé à des fragments de palette d'omoplate de lapin introduits sous la peau de l'oreille d'animaux de même espèce. Les pièces ont été prélevées, dans deux expériences, au bout de deux mois et, dans une expérience, au bout de quatre mois et demi. Dans chaque expérience cinq greffes avaient été faites sur chaque oreille.

En ce qui concerne les greffes vivantes, j'ai pu confirmer les résultats obtenus par A. Barth (³) : un grand nombre de cellules osseuses meurent malgré toutes les précautions prises et malgré la minceur des lamelles greffées. Il ne subsiste que quelques cellules éparses ou groupées en plages peu étendues et irrégulièrement réparties. Tout le reste du greffon ne contient plus que des cellules mortes et, dans leur ensemble, les greffons introduits vivants ne se comportent pas autrement que ceux qui ont été traités par l'alcool.

A ce point de vue, il y a un contraste absolu entre la vitalité des cellules cartilagineuses, qui résistent même dans des conditions défavorables telles que la conservation dans la solution de Ringer, et la fragilité des cellules osseuses, qui supportent si mal une homotransplantation immédiate.

Les greffons osseux, qu'ils aient été introduits morts ou vivants, sont le siège de phénomènes identiques et provoquent autour d'eux les mêmes réactions.

Il se produit dans ces greffons, comme on l'observe dans l'os normal, des érosions dans lesquelles s'installe un tissu médullaire qui peut être réduit à un stroma conjonctif, mais qui peut aussi se garnir de petites cellules

---

(¹) Séance du 19 juillet 1920.

(²) J. Nageotte, *Ostéogenèse dans les greffes de cartilage mort* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 737).

(³) A. Barth, *Ueber histologische Befunde nach Knochenimplantationen* (*Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurg.*, t. 44, 1893); *Zur Frage der Vitalität replantirter Knochenstücken* (*Berl. kl. Wochschr.*, 1894).

arrondies. Souvent le processus va plus loin; il se forme des ostéoplastes par métaplasie de cellules conjonctives et une pièce de tissu osseux vivant vient remplir l'érosion en se soudant à la substance de l'os mort. Il peut aussi se faire des pièces semblables à l'intérieur des cavités médullaires réhabitées, lorsque le greffon comprend du tissu spongieux. Quels que soient les facteurs élémentaires mis en œuvre, il est certain que la métaplasie résulte d'une influence spécifique exercée sur les fibroblastes par la substance osseuse, alors même qu'elle est privée des cellules vivantes qui l'habitent normalement.

Mais les phénomènes consécutifs à l'introduction d'un greffon, mort ou vivant, au sein d'un organisme vivant sont toujours complexes. Si la qualité spécifique du tissu greffé joue un rôle important, comme je l'ai montré, et si elle peut commander l'apparition de métaplasies dans un sens déterminé, d'autres facteurs doivent aussi être pris en considération.

Par sa masse, le greffon amène nécessairement un changement dans l'ensemble des conditions ambiantes au point où l'opération est faite. Il peut en résulter des métaplasies qui sont en rapport, non plus avec une action spécifique du tissu greffé, mais avec une perturbation apportée dans l'équilibre statique de la région par l'introduction d'un élément nouveau, constitué par un fragment de matière organisée.

C'est ainsi par exemple qu'une pièce squelettique, dont la forme et les rapports sont déterminés et qui peut être indifféremment cartilagineuse, osseuse ou mixte, se forme par métaplasie dans l'oreille du lapin sous l'influence de greffons morts, quelle que soit la nature de leur tissu, cartilage ou fragments de tuniques artificielles.

Il importe de ne pas se laisser induire en erreur par ce phénomène, que provoquent aussi, d'habitude, les greffons osseux *en plus* de l'ostéogenèse par simple contact. Dans ce cas il apparaît une série de noyaux *osseux ou cartilagineux* appliqués, sans érosion préalable, contre la face du greffon tournée vers le cartilage de l'oreille. Ici, comme pour l'ostéogenèse au contact du cartilage mort, la distinction entre l'influence régionale, due à la masse du greffon, et l'action spécifique, en rapport avec la nature de son tissu, est facile à faire, en tenant compte de la topographie des foyers de métaplasie observés ; mais il est manifeste que les deux influences peuvent se renforcer en se superposant, et c'est un fait qu'il est bon de noter.

Il résulte de là que, pour interpréter correctement les résultats observés à la suite de l'introduction d'un greffon osseux dans une région quelconque, il faudra tenir compte : 1° des qualités propres du greffon, en tant que

substance capable de provoquer à son contact la métaplasie du tissu conjonctif en os; 2° des changements que l'introduction du greffon peut amener dans l'équilibre des tissus de l'hôte, soit en apportant un facteur nouveau, comme je viens de le montrer, soit au contraire en favorisant, par la reconstitution anatomique d'une région bouleversée, la réapparition des conditions physiologiques normales. Quelle que soit exactement la nature de ces changements, ils peuvent se traduire par une ostéogenèse, qui vient s'ajouter à l'ostéogenèse due aux qualités spécifiques de la substance greffée.

Je dois faire remarquer, en terminant, que si les caractères spécifiques du greffon semblent importer assez peu dans la production d'os par changement dans les conditions d'équilibre de la région où la greffe est introduite, par contre, les caractères génériques de la *matière organisée* jouent un rôle capital dans ce phénomène : les lamelles de substances non organisées, telles que collodion, ébonite, verre, argent, etc., introduites dans l'oreille du lapin, sont parfaitement tolérées, mais elles ne déterminent jamais la formation de cette pièce squelettique surnuméraire qui s'observe habituellement à la suite de la greffe de tissus morts.

HYGIÈNE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la présence de traces infinitésimales de substances nutritives dans l'humidité de l'air sur la contagion.* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. E. Roux.

Les résultats de précédentes expériences ([1]) ont fait ressortir le rôle important de l'humidité dans la transmission d'une épidémie par l'intermédiaire de l'air. Je rappellerai que ces essais ont montré que dans le cas de la contagion des souris par le B. paratyphique, la mortalité des animaux exposés à une ambiance saturée d'humidité était beaucoup plus élevée que dans le cas de l'air sec.

On pouvait se demander si la composition de cette humidité, comme par exemple celle qui résulterait de la présence de traces infinitésimales d'aliments, pouvait exercer à son tour une influence favorable sur la mortalité des souris, influence qui se superposerait ainsi à la première. Envisagée sous ce jour, cette question n'est pas sans intérêt, car dans la réalité l'humidité de l'air est rarement à l'état de pureté absolue, soit qu'elle est imprégnée

([1]) Trillat et Mallein, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1529.

des gaz de la respiration ou des émanations du sol, soit qu'elle contienne à l'état de dissolution une partie des matériaux divers qui constituent la minéralisation de l'atmosphère.

Dans ce but, j'ai répété les expériences décrites dans ma Note précédente, avec la même technique opératoire, en faisant intervenir ce facteur nouveau. Sous deux cloches de même volume (20 litres), on pulvérise dans la première 1^{cm^3} d'eau distillée à 18° et, dans la seconde, la même quantité d'eau additionnée d'une proportion infinitésimale de substance nutritive représentée par l'addition de 1 à 2 gouttes de bouillon ordinaire dans 20^{cm^3} d'eau. La quantité de la matière nutritive après pulvérisation sous la cloche d'essai a pu être évaluée à environ $\frac{1}{1\,500\,000}$ par rapport au volume d'air.

L'air humide de chaque cloche renfermant les lots de souris, ayant été ensemencé avec une projection microbienne d'une émulsion aqueuse extrêmement étendue de B. paratyphique, on laissait les animaux exposés pendant 5 minutes à l'ambiance microbienne. Les souris étaient retirées et observées pendant 1 mois. Après chaque décès, elles étaient autopsiées et leur sang examiné. Voici à titre d'exemple les résultats, exprimés pour plus de clarté en pourcentage, fournis par trois séries d'expériences :

Tableau exprimant le pourcentage comparatif de la mortalité de souris exposées dans les mêmes conditions à l'action de nuages microbiens (paratyphique) constitués par l'humidité pure (A) ou par l'humidité renfermant en suspension des substances alimentaires.

	Mortalité pour 100.		
Composition de l'air.	I.	II.	III.
A. Air saturé d'humidité pure	25	20	40
B. Air humide renfermant $\frac{1}{1\,500\,000}$ d'aliment	100	80	80
C. Air sec	10	0	0

Ces résultats, vérifiés par d'autres essais dans lesquels on a fait varier les conditions d'expériences, suffisent à démontrer que le rôle favorable de l'humidité dans la contagion est encore notablement augmenté par la présence de traces infinitésimales de substances nutritives.

Que de si faibles proportions de substances puissent avoir une action capitale sur la vitalité des germes, et, par suite, sur l'aggravation de la contagion, il n'y a rien là qui doive nous étonner : ces doses sont dans l'ordre de grandeur des microbes. On a vu, d'ailleurs ([1]), que la vitalité

([1]) TRILLAT et FOUASSIER, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1184.

des microbes en suspension dans l'air était extraordinairement sensible aux agents physiques et chimiques, infiniment plus que dans le cas des bouillons ordinaires.

Si l'on interprète l'ensemble de ces résultats dans la pratique, on est autorisé à conclure que le rôle favorisant de l'humidité dans la transmission des épidémies par les projections microbiennes est encore augmenté quand cette humidité renferme des aliments solides ou gazeux. Or, cette circonstance se présente dans une foule de cas, notamment lorsque l'air est souillé par les produits gazeux de la respiration. Les brouillards dont la composition chimique mériterait d'être mieux approfondie peuvent, à la fois, présenter cette superposition de facteurs favorisants.

Enfin, au point de vue application pour l'hygiène, cette étude fait ressortir une fois de plus l'utilité de l'évacuation des buées respiratoires qui renferment tous les éléments propices à l'ensemencement et à la multiplication rapide des microbes.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 juin 1920.)

Note de M. *Maurice Gouineau*, Vérification de la thermo-électricité du mercure liquide :

Page 1568, ligne 25, *au lieu de* la différence double de température $2t$, *lire* la différence double de température $2\Delta t$; ligne 26, *au lieu de* $u 8 k(5)^3$, *lire* $u = 8k(\Delta T)^3$.

Note de M. *Andant*, Contribution à l'étude de l'état critique de l'éther éthylique :

Page 1573, *au lieu de* Audant, *lire* Andant.